

## **LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA: UNA INTERPRETACIÓN DESDE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS CINCO DIMENSIONES Y LA PRODUCCIÓN TABACALERA COMO ESTUDIO DE CASO**

I. Cruz<sup>13</sup>, J.Sauad<sup>12</sup> y M.Condori<sup>3</sup>

Universidad Nacional de Salta- Cátedra de Economía Ambiental y de los Recursos Naturales <sup>12</sup>  
Instituto de Recursos Naturales y Ecodesarrollo (IRNED)<sup>2</sup>  
Instituto de Investigaciones de Energías No Convencionales (INENCO)<sup>3</sup>  
icruz.unsa@gmail.com

*Recibido 11/09/15, aceptado 13/10/15*

**RESUMEN:** Se propone un marco conceptual para la Planificación Energética (PE) desde la perspectiva de la sustentabilidad de cinco dimensiones. Se presentan una serie de indicadores, que reflejan los efectos de la PE sobre el Sistema Socio-Ecológico. Para ello, se vincularon los componentes socio-culturales, económicos y ambientales con la dimensión temporal de la sustentabilidad; a partir de escenarios prospectivos. El marco conceptual se aplica en un estudio de caso que evalúa una potencial readecuación tecnológica, para reducir el consumo energético e incluir energía solar en el proceso de curado de tabaco, en la Provincia de Salta. El horizonte de análisis es de 15 años. Se obtuvo que con una penetración tecnológica del 26% de la estrategia se reduce la demanda energética acumulada en 1.54E+06 GJ, la Huella de Carbono (HC) en 9,08% y la energía acumulada en 3.6E+21 Se GJ. En este caso los beneficios económicos ascienden a 5.72E+03 millones de dólares y 3.9 millones de familias tipo podrían pasar de ser excluidos energéticos a tener acceso al recurso energético. Con una penetración tecnológica del 100% se reduce en de 5.92E+06 GJ la demanda energética acumulada, la HC en 35%, la energía acumulada en 1.38E+21 Se GJ. Los beneficios económicos ascienden a 2.20E+04 millones de U\$ y 3.9 millones de familias tipo podrían tener acceso al recurso energético. Se concluye que es posible mejorar la sustentabilidad del sector tabacalero a partir de la implementación de políticas energéticas conducentes a reducir el consumo energético y diversificar la matriz energética del sector.

**Palabras Clave:** planificación energética, sustentabilidad, escenarios energéticos, energía solar, tabaco

### **INTRODUCCIÓN**

La Planificación Energética (PE) como concepto y las técnicas-herramientas formuladas para su implementación han evolucionado con el tiempo, en función del contexto específico en el que se han desarrollado. Existen diversas experiencias de PE abordadas a partir de numerosos enfoques y adaptadas a necesidades puntuales. Sin embargo, desde una perspectiva histórica puede decirse que existe una tendencia creciente a complejizar el proceso de PE e integrar a las Energías Renovables (ER) como un componente clave. Cobra cada vez más relevancia, la incorporación de aspectos de tipo institucional y socio-económicos al proceso de PE. Se reconoce que situaciones de carencia energética redundan en un detrimento de la calidad de vida de la población y sus oportunidades, en relación con su productividad económica, educación, alimentación, salud e igualdad de género (Cormio y otros, 2003; Rad, 2011). Ramachandra (2009) plantea que la PE debe hacer énfasis en el análisis de los recursos energéticos a fin de cumplir con el balance oferta / demanda de la forma más óptima. Kaya & Kahraman (2010), proponen el abordaje de la PE como un problema complejo que si bien requiere de una evaluación de eficiencia, debe ser complementada con factores de tipo políticos, ambientales y sociales para la toma de decisiones. Para Quijano (2012) la PE, consiste en definir objetivos y políticas relacionados con la energía, recolectar y evaluar información, desarrollar alternativas para futuras acciones y proponer el plan de energía más adecuado.

En la actualidad la PE es por definición multifacética, se interpreta como una hoja de ruta conducente a la satisfacción de necesidades energéticas de una nación y se lleva a cabo teniendo en cuenta múltiples factores tales como la tecnología, la economía, el ambiente y la sociedad, siendo la sustentabilidad un eje transversal para la formulación de los planes estratégicos (Prasad y otros, 2014). En este contexto la incorporación de las ER, al proceso de PE, trae aparejado el planteo de nuevos desafíos, en cuanto a la evaluación del potencial del recurso del territorio, el desarrollo de modelos comparativos que permitan evaluar los impactos de las tecnologías en el tiempo (a escala macro y micro); y finalmente la percepción de los actores al respecto de las tecnologías y su incorporación en la formulación de estrategias de mejora del sistema y definición de metas de PE. Cada uno de estos ítems se interpreta, en la actualidad como aspectos que generan incertidumbre en el proceso de toma de decisiones y que pueden traducirse en planes energéticos no sustentables, aun cuando implementen ER. En tal sentido resulta pertinente preguntarse entonces ¿qué es “lo sustentable” en un proceso de PE? y si ¿la conjunción de “lo económico, ambiental y social” basta para definir la sustentabilidad y reducir la incertidumbre en el proceso de toma de decisiones?

En este marco de análisis se desarrolla el presente trabajo, que tiene por objeto realizar una interpretación de la PE desde la perspectiva de la sustentabilidad de cinco dimensiones (Seghezzeo, 2009) y analizar sus implicancias en la reducción de la incertidumbre para el proceso de toma de decisiones. Se definen posibles indicadores que reflejen los efectos de la PE sobre el Sistema Socio-Ecológico (SSE). Para ello se propone vincular los componentes socio-culturales, económicos y

ambientales, con la dimensión temporal de la sustentabilidad, a partir del análisis de escenarios prospectivos. Finalmente se presenta un estudio de caso basado en el marco conceptual de la “Planificación Energética Sustentable de Cinco Dimensiones” (PESCID).

## **LA SUSTENTABILIDAD Y LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA**

El desarrollo sustentable, según la Comisión Mundial de Desarrollo y Medio Ambiente (CMM) se define como “...aquel que permite satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, sin comprometer las necesidades de las generaciones futuras...” Las dimensiones a considerar, según este concepto son tres: economía, ambiente y sociedad. Esta definición ha sido analizada y discutida por numerosos autores a lo largo de la historia. Las principales críticas refieren a la vaguedad y ambigüedad del concepto en su enunciación, a la perspectiva antropocéntrica, al énfasis en la dimensión económica y a la exclusión de algunos aspectos espaciales y temporales (Robinson, 2003; Rubio, 2006; Seghezze, 2009). En el ámbito de la PE, el concepto se tradujo en el desarrollo de modelos oferta-demanda orientados a una asignación eficiente de recursos, desde una perspectiva fundamentalmente económica-financiera. Se promueve, con ello, un enfoque de gestión comercial de libre mercado del recurso energético. En este contexto de análisis, los intereses privados resultan divergentes de los intereses sociales, generándose, como consecuencia, problemas socio-ambientales. El criterio ambiental se circunscribió fundamentalmente al análisis del nivel de emisión de gases de efecto invernadero. Las variables de índole local-regional no se consideran relevantes. (Mirakyan & De Guio, 2013; Polatidis & Giussepe, 2006; Pistonesi, Chávez, Figueroa, & Altomonte, 2003).

En el caso de la PE un análisis de viabilidad de los proyectos energéticos con implementación de ER, basado en el concepto de sustentabilidad de la CMM, se enfocaría principalmente en la dimensión económica. Por ende, proporcionaría sólo una visión parcial de la potencialidad de las ER para mejorar los sistemas socio-ambientales. Es preciso considerar que la eficiencia económica no se traduce necesariamente en cambios en el bienestar ni equidad en la distribución de los beneficios. En adición a ello, a nivel regional-local resulta necesario ampliar la gama de variables inherente a los aspectos de tipo ambiental y social-institucional, analizadas tradicionalmente en la PE. Se considera, en este sentido, que resulta más apropiado el desarrollo de herramientas de PE con implementación de ER, en el marco del concepto de sustentabilidad de las cinco dimensiones propuesto por Seghezze (2009).

La sustentabilidad, según Seghezze (2009), puede definirse como el equilibrio entre el paisaje (o territorio), los aspectos temporales y los aspectos personales. El Lugar y las Personas representan dimensiones tangibles o reales del tiempo presente. El lugar, concebido como territorio puede entenderse como un espacio de construcción social con identidad propia que permite el desarrollo de vínculos culturales, económicos, políticos y sociales; implica un sentido de pertenencia. El territorio, constituye el ámbito en el que se debe lograr la equidad intrageneracional, y para ello se tiene en cuenta que el ambiente, la economía y la sociedad. Estas últimas resultan en facetas del SSE que son importantes de considerar, pero no únicas. La Permanencia se refiere a una proyección de las otras dimensiones en el tiempo futuro, no se circunscribe al mantenimiento de las condiciones actuales sino que exige mejoras a partir de la planificación. Es el ámbito para el logro de la equidad intergeneracional. La dimensión personal incluye aspectos como la satisfacción, el bienestar, realización personal y la identidad. Este nuevo enfoque basado en cinco dimensiones, desde una perspectiva pragmática, implica llevar a cabo un proceso de planificación. No solo para el abordaje de la dimensión temporal, sino para la integración de los aspectos tangibles del territorio en el presente (dimensión de paisaje y dimensión personal).

## **LA PLANIFICACIÓN ENERGÉTICA DESDE LA SUSTENTABILIDAD DE LAS CINCO DIMENSIONES, UN APOORTE PARA EL MARCO CONCEPTUAL.**

La PE puede interpretarse como un proceso complejo de definición de políticas a largo plazo, que se encuentra inserto en un SSE multiactor y multiobjetivo. Por ende puede ser entendida como un problema de optimización con restricciones tendiente a la construcción de políticas energización sustentable (a largo plazo), que debe compatibilizar la participación de los actores del territorio con los aspectos científicos y técnicos, para la toma de decisiones en el marco de la sustentabilidad de cinco dimensiones (Figura 1).

### **El Territorio y la PE**

El territorio puede interpretarse como un SSE donde se suscita la cotidianidad de los actores y en el que convergen las sub-dimensiones Economía, Ambiente y Sociedad. La energía discurre entonces por el territorio y sus componentes, en flujos multidireccionales por la red del sistema.

### **Subdimensión Social**

En el marco de la PE la sub-dimensión social se traduce en módulos homogéneos de consumo (o sin acceso a la energía), a los fines de operativizar instancias sucesivas del proceso. Así los módulos homogéneos se constituyen como un colectivo social con un número definido y diferenciado de actores que comparten características, necesidades, intereses y que poseen una cosmovisión particular de su realidad. Si bien esta interpretación podría tener connotaciones antagónicas en referencia a la definición de sociedad de Seghezze (2009) <sup>1</sup> cabe destacar que se trata quizá, no de una contradicción sino del “zoom” con el que se “mira” el SSE, para encontrar patrones. Lo “indefinido” puede cobrar formas en función de la percepción y el tipo de técnica/metodología implicadas en la búsqueda. En la materialización del módulo homogéneo para un proceso de PE podría ocurrir que:

i. Surja como producto de esa exploración del SSE con técnica, por ejemplo existen experiencias de integración y evaluación de variables socio-económicas mediante sistemas de información geográfica para definir áreas prioritarias de

---

<sup>1</sup> Sociedad: número indeterminado de personas indiferenciadas que comparten características comunes tales como el lugar de residencia o el tipo de deseos y necesidades.

acción. En la Provincia de Salta, Durán y otros (2014) desarrollaron un índice para la medición de la exclusión social vinculada al desarrollo energético. En otros casos se determina el potencial de un recurso renovable para luego identificar dentro de las zonas estratégicas de acción, un colectivo de actores que podrían verse beneficiados con la implementación de ER (Altobelli y otros, 2014; Quijano y otros, 2012, Rodríguez, 2012). Lo cierto es que de sucederse la exploración, es claro que un sector de la sociedad vislumbra una necesidad de PE, sobre uno o diversos módulos homogéneos que quizá aún no se han percatado de ello.

ii. Que el módulo homogéneo se autodefina y demande un proceso de mejora energética, que puede concebirse desde la PE. Lo que ocurre, en lo que la literatura denomina comunidades maduras. En Santa María de Catamarca, la comunidad de productores de harina de algarroba requirió una mejora del sistema productivo tradicional. Siendo uno de los ejes de análisis la mejora a partir de secadores solares para el secado de los frutos de algarroba (Cruz y otros, 2012).

La sub-dimensión social tiene un obvio sentido de pertenencia a un componente espacial definido, cuya extensión en muchos casos explica el alcance de la PE (Quijano y otros, 2012; Ramachandra, 2009). Sin embargo cabría preguntarse si ¿el camino inverso no es más acertado? Es decir, partir del módulo homogéneo aun cuando conlleve mayor complejidad y dificultad para lograr las alianzas y concesos necesarias entre los actores (que no necesariamente pertenecen a una misma región geográfica). Wüstenhagen y otros (2007), definen niveles de aceptación social para lograr una exitosa implementación de las ER, siendo el primer nivel global el de la aceptación socio-política. Teniendo en cuenta dicho nivel, la PE sustentada en módulos homogéneos (siempre y cuando las necesidades sean correctamente identificadas) puede contribuir a favorecer dicho nivel. Asimismo podría arrojar luz acerca de la comprensión de las aparentes contradicciones entre el apoyo público a la implementación de las ER y la intrincada ejecución de proyectos específicos.

Finalmente partiendo de la concepción del acceso a la energía como un derecho y el reconocimiento de la PE como proceso de co-construcción continuo, la PE basada en un sistema de módulos homogéneos tiene potencial para: i) traducir las iniciativas locales en las políticas más inclusivas o para crear marcos de políticas que tiendan a fomentar iniciativas de proyectos locales; y ii) traducir los objetivos nacionales de política en las políticas locales con aceptación social.

### ***Subdimensión Ambiente y Economía***

Lo ambiental, ha sido objeto de dilemas y debate en diversas disciplinas y marcos conceptuales de la PE. Desde este enfoque de PE, lo ambiental refiere al Subsistema Biofísico (SB) del SSE. Al respecto cabe destacar que este SB sustenta, a partir de sus flujos, la totalidad del SSE. Por ello, se ha generalizado su concepción como un proveedor de bienes y servicios, que para el componente social posee un valor o importancia de uso y no uso (valor de conservación).

La PE implica la ejecución de una amalgama de proyectos que poseen impactos ambientales diversos. En tal sentido surge inmediatamente un interrogante ¿qué medir del SB? Al respecto hay que considerar que los procesos dinámicos de cambio (de carácter positivo o negativo) que se desencadenan como consecuencia de dichos proyectos, estarán condicionados por lo que Holling (1973) denomina, resiliencia ecológica. Es decir, por la capacidad del sistema para absorber cambios y alteraciones y continuar manteniendo las mismas relaciones biofísicas funcionales y estructurales. Así un proyecto energético puede entenderse como una “perturbación” con una dimensión espacial y temporal definida, que desencadena una serie de cambios tendientes a un nuevo multiequilibrio dinámico del SB. Los cambios traducidos en efectos continúan oscilando hasta llegar a un nuevo equilibrio multidinámico. El nuevo estado de mutiequilibrio en el marco de la PE, puede reflejar por ejemplo una meta definida por el /los módulos homogéneos. Si este no fuera el caso, por ejemplo proyectos energéticos que no posean una meta ambiental claramente definida, será necesario entonces minimizar los efectos no deseados y reducir la amplitud de las oscilaciones en el tiempo. Por ello es necesario avanzar en la comprensión de los procesos de cambio que se suceden, los factores que permiten absorber las oscilaciones de las “perturbaciones” y los umbrales críticos de capacidad de amortiguamiento de los efectos. Eakin (2006) señala al respecto que los sistemas vulnerables y las sinergias existentes también constituyen fuentes propias de cambio ambiental a diferentes escalas, y suman incertidumbre en las evaluaciones. En simultáneo, es preciso considerar que una dada tensión ambiental puede aumentar la sensibilidad de los sistemas a escalas más amplias y/o pueden dar lugar a bucles de retroalimentación críticos, que a su vez pueden incrementar la vulnerabilidad futura del SB. Al respecto, Kasperson & Kasperson (2001) señalan que los ejercicios de visión futura pueden coadyuvar a la comprensión de la complejidad inherente al SB. Este tipo de modelado puede, entonces, contribuir a reducir la incertidumbre ingénita al impacto de la PE sobre el SB. Por cuanto pueden generar información referida a la evolución del SB en el tiempo. En adición a ello, el análisis de las vulnerabilidades “anidadas y en red” puede proporcionar información valiosa acerca de la coproducción de riesgos, productos y mecanismos para reducir/incrementar el impacto ambiental, según sea el caso. En términos prácticos la aplicación de la teoría de sistemas (Von Bertalanffy, 1950) parece contribuir a comprender mejor este problema. Parece lógico, entonces, el análisis comparativo del SB con y sin PE, en función de la resiliencia ecológica del sistema o factores que la explican.

El nivel de emisiones de gases de efecto invernadero ha sido empleado como un indicador para evaluar el impacto de la PE sobre el componente ambiental en numerosos estudios (Konstantinos y otros, 2008; Manzini y otros, 2011, Modan y otros, 2012; Bauler, 2012). Dicho indicador se asocia al impacto generado sobre el calentamiento global, y puede interpretarse como un factor explicativo de la resiliencia ecológica del SB, al problema del cambio climático. Pero el cambio climático es un problema de escala macro y resulta discutible el aporte de los “países en vías de desarrollo”. Quizá el CO<sub>2</sub> o la Huella de Carbono (HC) podrían interpretarse como un indicador de fondo, pero que de ningún modo da una idea acabada sobre lo que se sucede en el SB local. Circunscribir el análisis únicamente a este aspecto proporciona una visión parcializada del espectro, puesto que no integra el comportamiento de la energía neta que fluye a través de la red del SB, su degradación jerárquica, ni la afectación de otros servicios ambientales; que pueden a largo plazo generar efectos más destructivos que la cantidad de CO<sub>2</sub> liberada o de HC generada.

En este enfoque de PE se propone incorporar además, la evaluación energética para analizar el impacto de las medidas de PE sobre el SB local. Pero, ¿por qué este análisis es relevante dentro del SB? Al respecto, Herendeen (2004) menciona que el comportamiento del flujo energético, al margen del valor monetario que puede adjudicársele, es un buen indicador de impacto ambiental. Al respecto, Ulgiati y otros (1995) mencionan la necesidad de incorporar en el cálculo de la energía neta global, los insumos ambientales y la degradación ambiental. Considerando este marco de análisis, existen metodologías que buscan determinar la energía (energía libre en términos termodinámicos) requerida directa e indirectamente; para permitir que un

sistema (generalmente un sistema económico) funcione para producir un bien o servicio determinado (IFIAS, 1974). Diversos trabajos han incorporado indicadores energéticos asociados al proceso de sustitución tecnológica, en el marco de la PE (Giatrakosa y otros, 2009; Tsoutsos y otros, 2008). Aunque, resulta complejo dilucidar el límite entre lo estrictamente ambiental, lo económico, y lo social de dichos indicadores. En general la evaluación de energía analiza: el flujo por fuente y tipo de uso considerando la eficiencia en los procesos de transformación y el potencial de rendimiento por fuente. Todo ello asociado a un análisis de costos para la toma de decisiones. Lo estrictamente ambiental, en general refiere a la contribución del consumo energético (por sector) a las emisiones de CO<sub>2</sub>, intensidad de emisiones por sector, emisiones per capita, deforestación por uso energético, % uso de energías “limpias”, autarquía energética, productividad energética, entre otros (Konstantinos y otros, 2008). Pero en general, no se incluye el principio de optimización interna de los sistemas ecológicos ni tampoco se cuantifica el rol del medio ambiente en la absorción, procesamiento de la contaminación y generación de bienes y servicios. En este sentido, es necesario conjugar los resultados obtenidos con otros indicadores económicos y ecológicos.

La evaluación de energía neta y su incorporación al proceso de PE, requiere de la inclusión y cuantificación de muchas formas diferentes de energía (insumos, bienes y servicios ambientales, con capacidad finita). Ello, trae aparejada la necesidad de generar un lenguaje común capaz de traducir la inconmensurabilidad de los inputs y outputs en un equivalente energético integrado. Además, ya se ha mencionado que la jerarquía del flujo dentro del sistema resulta de relevancia; como así también el análisis en retrospectiva de “la memoria energética del SB” del camino recorrido para llegar a un determinado nivel jerárquico del ecosistema. Con el fin de evaluar cuantitativamente las implicancias de una dada política energética, en función de los dilemas enunciados precedentemente se propone, la incorporación de la metodología de Síntesis Emergética (SE) al proceso de PE. La emergía (Odum, 1988) cuantifica la energía que ha sido implicada de forma directa o indirecta en la generación de un determinado bien o servicio y los refiere a equivalentes de energía solar (Em joule- Se J). En otras palabras, estima la cantidad de energía involucrada en el proceso de transformación si la radiación solar fuera la única fuente de entrada. La SE analiza la jerarquía energética a partir del concepto de Transformicidad, definida como la emergía necesaria para obtener una unidad de energía de otro tipo (Odum, 1996). La transformicidad entonces, es una tasa que mide la posición del flujo energético en la jerarquía de la red del SB (Odum y Collins, 2003).

La SE puede cuantificar la contribución del capital natural del SSE a la sustentabilidad de actividades económica diversas (Bakshi, 2002). En este sentido cabe destacar que existe una gama de recursos, bienes y servicios ecológicos a los cuales no se le asigna un valor o no se le da la relevancia que poseen, desde la perspectiva económica convencional. Aun cuando forman parte del entramado del SSE y se utilizan para la elaboración de productos con valor económico. De hecho el precio en general se encuentra inversamente relacionado con la contribución de un recurso, debido a que, más contribuye a la economía cuando es fácilmente disponible (Brown y Ulgiati, 2002). Existen experiencias de aplicación de SE aplicado al análisis comparativo de sistemas agrícolas, producción de biodiesel y generación de energía eléctrica, entre otras (Ren y otros, 2015; Chen, 2006; Ciotola y otros, 2011). Sin embargo, su uso aún no se ha incorporada como un elemento dentro de la PE, por la complejidad que implica su aplicación y el cálculo de las transformicidades.

## LA PERMANENCIA, LAS PERSONAS Y LA PE

La dimensión personal considera la cosmovisión de los actores, incluida su concepción al respecto de la energía. Adicionalmente es preciso tener en cuenta que el acceso a la energía puede interpretarse como un derecho, ya se ha mencionado que situaciones de carencia energética redundan en un detrimento de la calidad de la población. En términos generales es preciso que la PE cuente con legitimidad social. Ello implica que la PE posee necesariamente un carácter participativo, que es requisito para mantener la coherencia interna respecto del principio de sustentabilidad. Surge entonces la necesidad de incorporar a los actores en la formulación de políticas y proyectos de mejora del sector energético, en la definición de metas factibles de alcanzar dentro del proceso de PE. Particularmente en el ámbito de las ER, es preciso tener en cuenta que la adopción de una innovación/ reeducación tecnológica, depende fundamentalmente de la percepción de los atributos del dispositivo tecnológico la capacidad de este para solucionar un problema. En simultáneo al comprender la forma en la que los actores perciben el SSE podría mejorarse el desarrollo de políticas. Así, los organismos podrían incrementar el nivel de la acción colectiva generada desde el ámbito local a lo regional. Al respecto Ostrom (2009) enuncia que las políticas ambientales y la gestión de los recursos naturales –incluidas las ER-, se ven condicionadas de forma crucial por la perspectiva de los actores vinculados al sistema, en cuanto a la identificación de problemas y la toma de decisiones. Ello se debe a que toda planificación “refleja” e incide en los intereses conflictivos de diversos actores sociales y responde a formas de intervención sobre la sociedad. La dimensión personal, va más allá de lo que Wustenhagena y otros (2007) denominan *aceptación de la comunidad*<sup>2</sup>, refiere a la forma en que el nuevo sistema se integra en el SSE y en la cosmovisión de los actores.

Al respecto de la permanencia, cabe descartar que los sistemas energéticos contienen una alta proporción de elementos cuya evolución debe ser considerada necesariamente desde una perspectiva de largo plazo. No solo en lo que refiere a los efectos que se desencadenan sobre el SB, sino también en cuanto a sus implicancias sobre los módulos homogéneos y la percepción de las personas al respecto de los cambios que se suscitan como consecuencia de la transformación o la visión al respecto del nuevo multiequilibrio dinámico generado. Por ello, el desarrollo de modelos energéticos constituye una aplicación del análisis de sistemas al estudio total o parcial del sistema energético, que puede conllevar a reducir la incertidumbre asociada al proceso de PE.

Se propone, entonces, abordar la confluencia de ambas dimensiones a partir del modelado prospectivo de escenarios energéticos que reflejen la perspectiva de los actores, a partir de la selección conjunta de los sistemas tecnológicos factibles de implementar y la definición de metas conjuntas a alcanzar en el marco del proceso de PE sustentable. En adición a ello es preciso mencionar que todos los aspectos de la sustentabilidad deberían poder evaluarse cuantitativamente mediante dichos

---

<sup>2</sup> Wustenhagena y otros (2007), refieren a la aceptación de la comunidad como la aceptación expresa de las decisiones de emplazamiento y proyectos de ER de los actores locales, en particular los residentes y las autoridades locales.

escenarios. En general, existen diversos estudios que vinculan la PE con la prospectiva, pero cuyos indicadores se remiten únicamente al análisis del nivel de emisiones de CO<sub>2</sub> y de demanda energética (AlSabbagh y otros, 2015; Huo y otros, 2015; Zhou y otros, 2014; Ahanchian y Biona, 2014; Kongwanarat y Limmeechokchai, 2014).

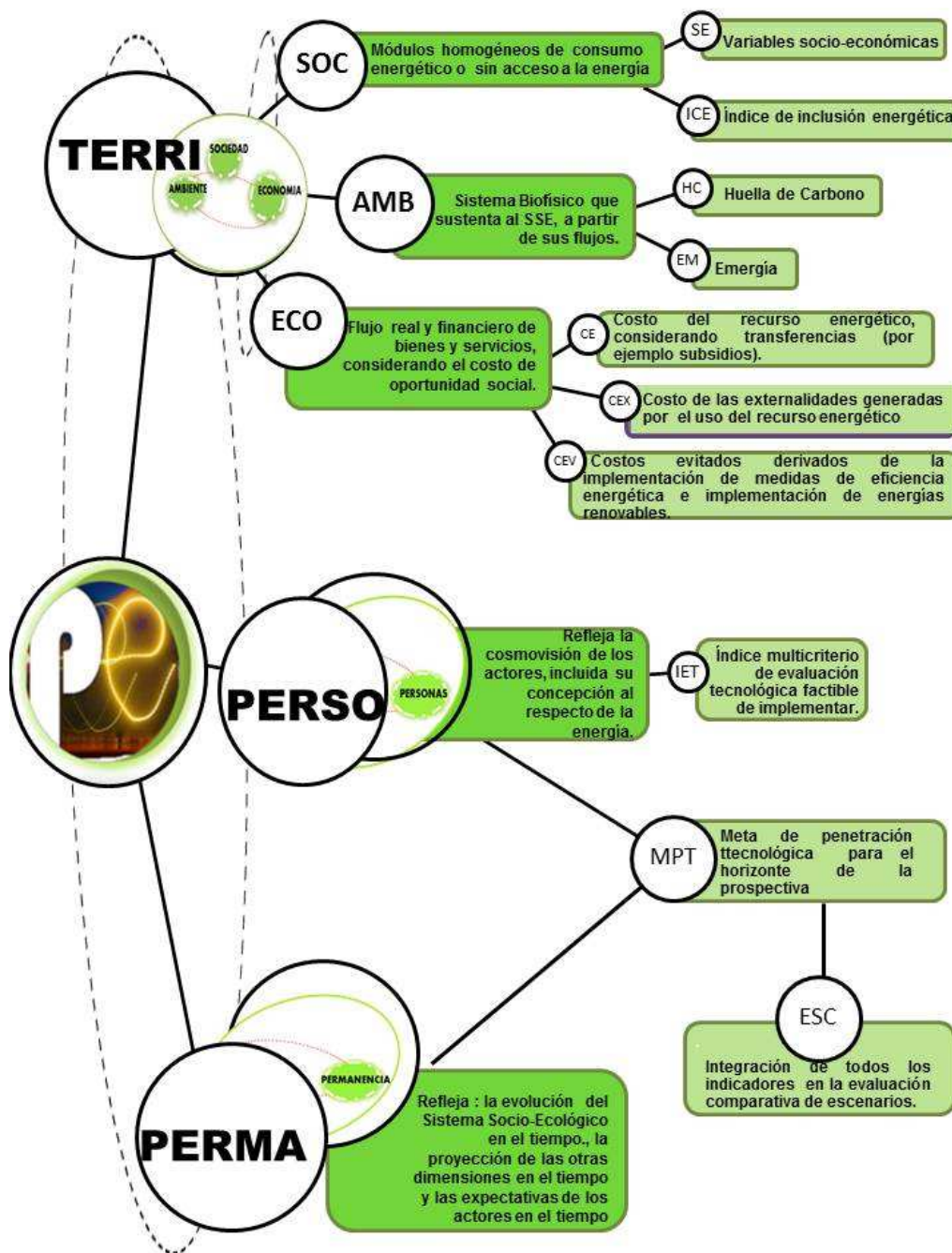


Figura 1. Marco de análisis PESCID, dimensiones, subdimensiones e indicadores

### UN ESTUDIO DE CASO: ENERGIA SOLAR Y EFICIENCIA ENERGETICA EN EL CURADO DE TABACO. SALTA ARGENTINA

En la Provincia de Salta, la producción de tabaco Virginia constituye una de las principales actividades económicas, posee un nivel de producción promedio anual de 40.000 Tn y requiere de más de 50.000 obreros. Según datos de la Dirección Provincial de Estadísticas y Censos, el tabaco Virginia desnervado se comercializa por un valor de 70 millones de dólares anuales. El curado de tabaco se realiza en estufas Bulk Curing (BC) que poseen un consumo energético promedio de 1m<sup>3</sup> de gas natural/kg de tabaco curado y un subsidio al consumo de gas natural; que se encuentra en función del nivel de consumo de los productores (hasta el 60%). A nivel local la actividad se encuentra inserta en un área con un índice de exclusión energética de la población del 20-80% (Durán y Condorí, 2014). En este contexto, se plantea el presente estudio de caso que tiene por objeto realizar una evaluación de los efectos de la implementación de una mejora tecnológica para reducir el consumo energético del sector tabacalero.

### Aspectos Metodológicos

El estudio de caso se contextualiza en el marco conceptual PESCID. Se definió un horizonte de análisis de 15 años. Se evaluó el efecto de la incorporación de una mejora tecnológica, denominada INESO<sup>3</sup>, que consiste en: i) la incorporación de energía solar al proceso a partir de un sistema colector de circuito cerrado que utiliza como área de colección el techo de las estufas BC ii) aislación del suelo de la estufa, con bandejas residuales provenientes de la elaboración de almácigos de tabaco (280 celdas – 17cc) colocadas entre dos láminas de plástico negro (200 µm) y con la superficie expuesta de una capa de concreto de 5 cm de espesor. Las especificaciones técnicas de las estufas BC y la mejora tecnológica propuesta se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características técnicas de las tecnologías evaluadas.

	<b>CONSUMO ENERGETICO de Tabaco curado</b>	<b>(m<sup>3</sup>/Tn</b>	<b>CONSUMO ENERGETICO (GJ/Tn de Tabaco curado)</b>	<b>HUELLA DE CARBONO (Tn CO<sub>2</sub>/GJ)</b>
<b>ESTUFA BC</b>	1000		3.89112E-02	77.89
<b>INESO</b>	490		1.90665E-02	38.16

El abordaje de la dimensión personal se realizó a partir de consulta directa a los actores del sector tabacalero y energético, mediante encuestas y sondeo exploratorio. Entre los actores consultados pueden mencionarse: productores, técnicos de empresas acopiadoras, especialistas en tecnologías eficiencia energética y energías renovables, miembros de entidades gubernamentales y especialistas en política energética. Se indagó al respecto de la importancia de la implementación de estrategias conducentes a la reducción del consumo energético para la actividad de producción, y las barreras existentes para la inclusión de energía solar para el proceso de curado de tabaco.

La conjunción de la dimensión Personas con la dimensión Permanencia se abordó a partir de la generación de escenarios prospectivos, que reflejaron la perspectiva de los actores en el proceso de PE. A partir de encuestas, los actores definieron un horizonte lógico y factible de implementación de INESO para el año 2030. El valor obtenido se tradujo en una meta a alcanzar en el marco del proceso de PE. Adicionalmente se generó un escenario optimista, en el que se definió como meta a alcanzar al 2030, una readecuación del 100% de las estufas BC a INESO. En este escenario se fija una meta ambiciosa, basada en el comportamiento histórico de la reconversión tecnológica del parque de estufas de leña a gas y en simultáneo se contextualiza en el Plan Provincial de Energías Renovables, y la Ley N° 7823 de Régimen de Fomento a las Energías Renovables. Los escenarios evaluados mediante el uso del software LEAP se presentan en la Tabla 2. Para la proyección de los niveles de producción de tabaco curado mediante estufas BC se aplicó la función definida por Cruz y otros (2014). Para el análisis de la evolución de los efectos del proceso de PE sobre las sub-dimensiones del Territorio, se evaluaron siete indicadores, para cada uno de los escenarios simulados. Dicha evaluación implicó la aplicación y combinación de metodologías específicas para cada componente de las sub-dimensiones (ambiente, economía y sociedad), las mismas se presentan en la Tabla 3

Tabla 2. Escenarios evaluados.

<b>ESCENARIO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>REFER</b>	Considera el statu quo, en cuanto a la implementación de medidas de ahorro energético. En este caso el consumo final de energía se explica fundamentalmente por el nivel de actividad de un único módulo de producción tabacalera. La intensidad energética es de 1m <sup>3</sup> de gas consumido por kg de tabaco curado.
<b>INSOL</b>	Implementación de la estrategia INESO, considerando para el horizonte de la prospectiva una penetración de la misma del orden del 26% respecto del año de base. Este escenario refleja la perspectiva de los actores consultados. La intensidad energética es de 0.49 m <sup>3</sup> de gas consumido por kg de tabaco curado.
<b>EEy SUST</b>	Es un escenario optimista que considera una readecuación del 100% de las estufas a gas, a la estrategia INESO. En este escenario se fija una meta ambiciosa, basada en el comportamiento histórico de la reconversión tecnológica del parque de estufas de leña a gas. Adicionalmente el escenario se contextualiza en el Plan Provincial de Energías Renovables, y la Ley N° 7823 de Régimen de Fomento a las Energías Renovables.

<sup>3</sup> Dispositivo tecnológico desarrollado por el INENCO

Tabla 3. Metodologías empleadas para cuantificar los indicadores de las sub-dimensiones del Territorio.

	INDICADOR	UNIDADES	DESCRIPCIÓN	
TERRITORIO	AMBIENTE	Huella de Carbono	Tn CO <sub>2</sub> eq	Este indicador evalúa el impacto de la PE sobre el componente ambiental, a escala macro. Para su incorporación como indicador se tomó los valores estimados por Dib Ashur (2013), obtenidos a partir de la NORMA PAS.
		Consumo Energético del Sistema	GJ	El valor del indicador se encuentra en función del nivel de producción del sector por año y el tipo de tecnología de curado implicada en el proceso, con sus intensidades energéticas respectivas.
		Energía implicada en el proceso	GSe J	El indicador evalúa el efecto de la PE sobre el componente ambiental, a escala local. Refiere a la energía que ha sido implicada de forma directa e indirectamente para un dado nivel de producción de tabaco. Para su cálculo se aplicó la metodología de Síntesis Emergética de Odum (1988). Para la obtención de las transformicidades que no se encontraban tabuladas, se aplicó el modelo matricial de Linjun Li y otros (2010).
	ECONOMÍA	Costo evitado del insumo energético	U\$	Cuantifica en términos económicos el ahorro energético generado como consecuencia la readecuación tecnológica progresiva versus el status quo (escenario de referencia). Para el cálculo se tuvo en cuenta el precio del insumo energético (con subsidio) por nivel de producción.
		Costo externo	U\$	Refiere a la valoración económica de las emisiones generadas como consecuencia del proceso de producción de tabaco curado. Para la valoración se tuvo en cuenta la cotización de los bonos de carbono en el mercado internacional.
	SOCIEDAD	Inclusión energética	Familias	Refiere a la cantidad de familias potencialmente beneficiadas por el ahorro del insumo energético, es decir, por la liberación del recurso gas. Para su cálculo se tuvo en cuenta el consumo energético anual de una familia tipo para la zona (630 m <sup>3</sup> de gas natural/año)

## RESULTADOS

La totalidad de los actores consideran que necesario implementar proyectos específicos de fomento a la implementación de Energías Renovables en el sector tabacalero (específicamente para la etapa de curado del tabaco) y que dado el nivel de consumo del recurso energético, resulta prioritario incorporar al sector en la definición de futuras estrategias y políticas energéticas. Según la percepción de los encuestados, las barreras técnicas<sup>4</sup>, constituyen la limitación más importante para implementar energías renovables. En segundo orden de importancia se presentaron las barreras de tipo económicas-financieras<sup>5</sup> y en tercer lugar las barreras regulatorias<sup>6</sup>.

En todos los casos se observa una tendencia creciente del nivel de producción del sector tabacalero, del orden del 0.9%. Se estima que para el año 2030 se producirán 41.7E+3 Tn de tabaco curado mediante estufas BC. De acuerdo al modelo, este incremento en los niveles de producción se traducirá en un aumento del 16% de la demanda del recurso energético. Ello implica que la actividad pasará de consumir 1.32E+06 GJ/ año a 1.43E+06 GJ/año, en 16 años, si no se implementan mejoras tecnológicas que reduzcan la intensidad energética por kilogramo de tabaco producido (Escenario de Referencia-REFER). Si el 26 % de la producción esperada de tabaco curado para el 2030 se realiza mediante la estrategia INESO (escenario INSOL), el consumo energético alcanzará un valor de 1.24E+06 GJ. De implementarse una readecuación tecnológica del 100% de la producción a INESO, hacia el año 2030 la intensidad energética de la actividad demandará 6.96E+05 GJ (Figura 2). En el escenario INSOL la demanda energética acumulada se reduce en 1.54E+06 GJ de energía, mientras que para el escenario EEy SUST el ahorro acumulado asciende a 5.92E+06 GJ, respecto del escenario REFER.

La evolución de la HC guarda un comportamiento creciente y análogo al de la intensidad energética del sector tabacalero. Para el nivel de producción de la campaña 2014-2015 el indicador adquiere un valor de 9.586E+07 Tn CO<sub>2</sub> eq. De mantenerse el statu quo respecto del tipo de tecnología empleada para el proceso de curado de tabaco, el nivel de emisiones alcanzará las 1.102E+08 Tn CO<sub>2</sub> eq. para el año 2030 (Figura 3). La HC acumulada para el escenario de referencia corresponde a 1.37E+10 Tn CO<sub>2</sub> eq, 1.29E+10 para INSOL y 1.06E+10 para EEySUST. Si se alcanza la meta de penetración tecnológica fijada por los actores para el 2030 (26%), es posible reducir en 9,08% la HC, mientras que con una readecuación tecnológica del 100% las emisiones pueden reducirse en un 35%.

<sup>4</sup> Se refiere a los obstáculos, vallas proveniente de la no existencia de una adecuada tecnología, del insuficiente conocimiento del recurso, de la falta de adecuado recursos humanos y /o equipamiento y materiales.

<sup>5</sup> Los obstáculos, vallas vinculadas con los precios, los sobrepagos, la financiación, los regímenes de promoción que interfieren en la ejecución de proyectos de ER.

<sup>6</sup> Incluye aquellos los obstáculos, vallas o interferencias provenientes de las políticas sectoriales o de normativa sectorial u operativa (procedimientos técnicos en el despacho al mercado) que interfieren en la materialización de proyectos de ER.

El curado de tabaco mediante estufas BC posee una transformicidad de  $4.04E+14$  Se J/Tn y de  $3.77E+14$  Se J/Tn mediante INESO. Por cada Tn de tabaco curado mediante INESO, se genera un ahorro energético de  $2.74E+13$  Se J, respecto de la estufa BC. La campaña 2014-2015 demanda  $7.27E+19$  Se GJ del SSE, y es de esperar que para el año 2030 el indicador alcance un valor de  $8.36E+19$  Se GJ (Figura 4). Con el escenario INSOL la energía acumulada durante el período de análisis puede reducirse en  $3.6E+21$  Se GJ respecto del escenario de referencia. En el escenario EEySUST la energía acumulada puede reducirse en  $1.38E+21$  Se GJ en comparación con el escenario de referencia. El índice de renovabilidad para el horizonte del proceso de PE es de  $1.12E-15$  y  $1.97E-16$  para los escenarios INSOL y EEySUST, respectivamente. Dicho índice es de 0 para el escenario de referencia.

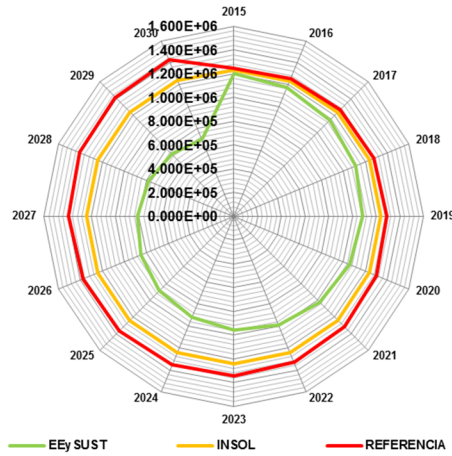


Figura 2. Evolución de la demanda energética (GJ/año)

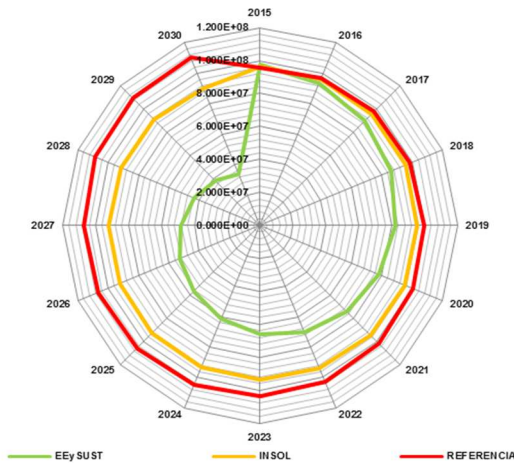


Figura 3. Evolución de la HC (Tn CO<sub>2</sub> eq/año)

El ahorro energético derivado de la readecuación tecnológica puede traducirse en costos evitados para los productores. Los costos anuales evitados del ahorro energético se presentan en la Figura 5. El costo evitado acumulado, para el año final de análisis, corresponde a  $3.18E+01$  millones de dólares en el caso del escenario INSOL y de  $1.22E+02$  millones de dólares para EEySUST. EL costo externo total del proceso de curado de tabaco asciende a  $1.154E+04$  millones de dólares para el escenario de referencia,  $1.049E+04$  para el escenario INSOL y  $7.509E+03$  millones de dólares para EEySUST. Los beneficios económicos totales de las estrategias de PE implementadas, alcanzan un valor de  $5.72E+03$  millones de dólares para el escenario INSOL y  $2.20E+04$  para EEy SUST.

Si la readecuación tecnológica alcanza el 26% del nivel de producción esperado para el 2030, 3.9 millones de familias tipo podrían pasar de ser excluidos energéticos a tener acceso al recurso energético, en 15 años. Si el porcentaje de penetración tecnológica alcanza el 100% dicho valor asciende a un total de 15 millones de familias. La evolución anual de la potencial inclusión energética para cada escenario se presenta en la Figura 7.



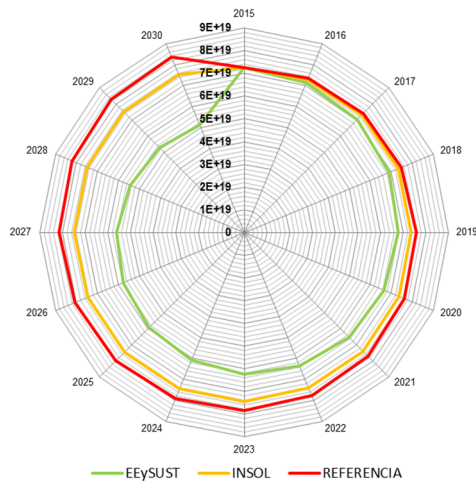


Figura 4. Evolución de la energía generada por el proceso de curado de tabaco (SeGJ/año)

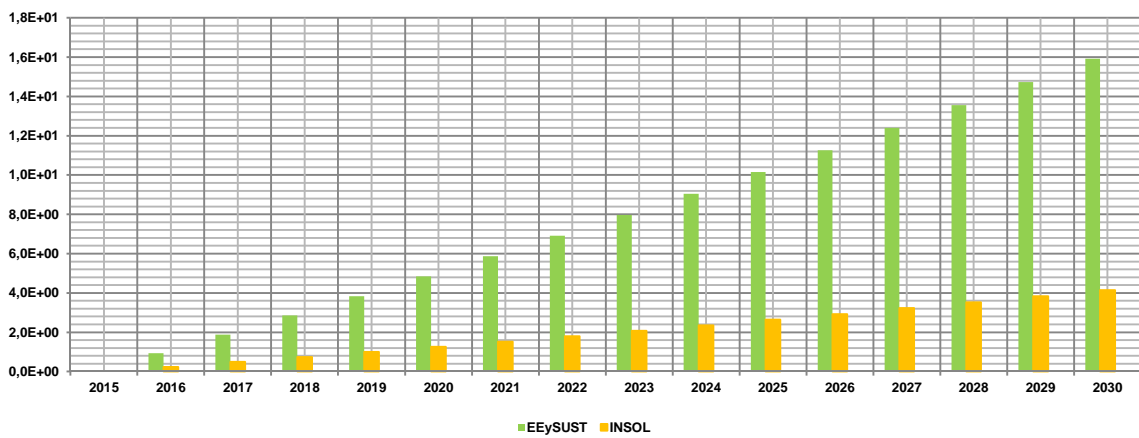


Figura 5. Evolución del costo evitado anual, en millones de dólares, para cada escenario analizado.

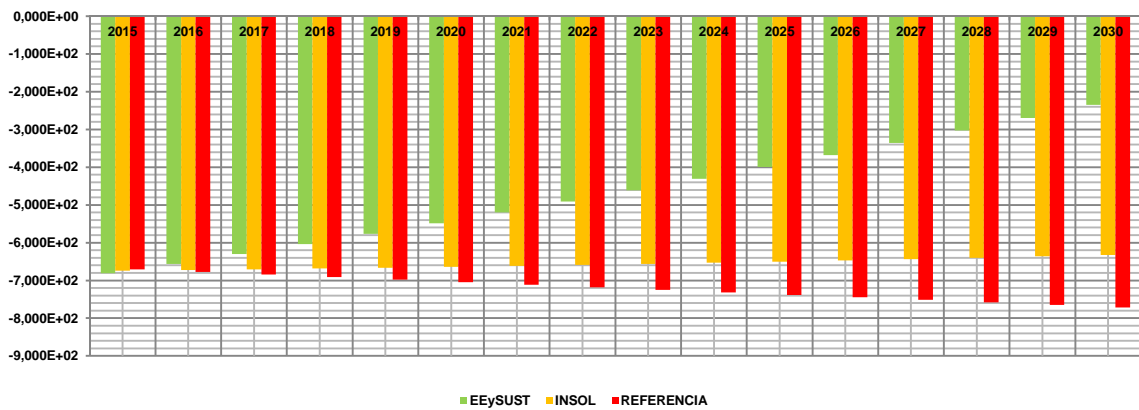


Figura 6. Evolución del costo externo, en millones de dólares, para cada escenario analizado.

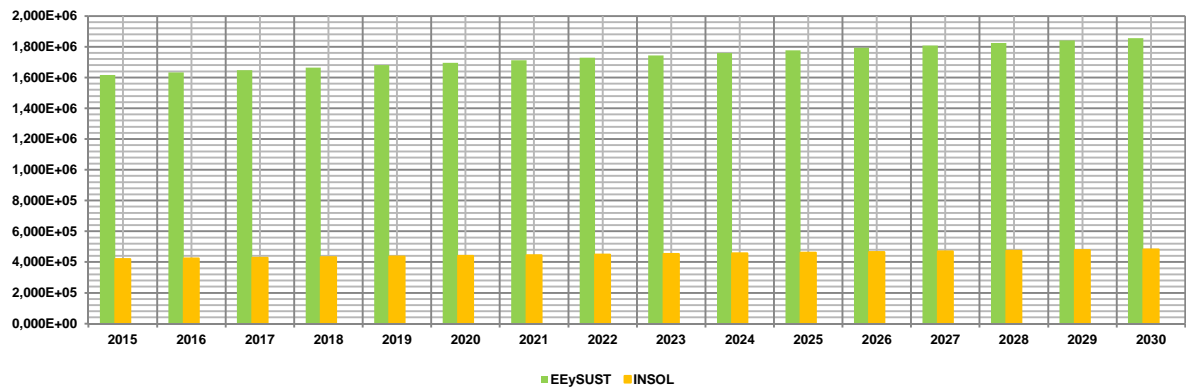


Figura 7. Evolución de la potencial inclusión energética, expresada en millones de familias, para los escenarios analizados.

## CONCLUSIONES

La actividad de producción de tabaco se desarrolla en un escenario complejo en el que la actividad posee una marcada relevancia socio-económica, en el marco de una situación regional de encarecimiento del insumo energético. A nivel local el índice de exclusión energética evidencia una situación de inequidad energética. Los actores son conscientes de la problemática, aunque desde diversas perspectivas. Pero todos coinciden en la necesidad de implementar proyectos específicos de eficiencia energética e incorporar energías renovables, para reducir la demanda de gas natural. En cuanto a la existencia de la barrera técnica, identificada como la principal limitante, la implementación de la tecnología INESO tiene potencial para ser incluida en el proceso de PE y afrontar dicho obstáculo definido por los actores.

Del análisis de la evolución del SSE en el que se desarrolla la actividad de curado de tabaco surge, que de no implementarse estrategias que hagan más sustentable la actividad los impactos ambientales y socio-económicos evaluados a largo plazo (a partir del escenario REFER); se incrementarán con un comportamiento análogo al del nivel de producción. Al respecto cabe destacar que los indicadores energéticos evidencian que el consumo de la actividad resulta elevado, generando una intensidad energética que alcanza hacia el horizonte del análisis los  $1.99\text{E}+08\text{GJ}$ . Ello se traduce, desde la sub-dimensión ambiental-económica en costos externos crecientes por emisiones de  $\text{CO}_{2\text{eq}}$ , que generan a su vez ineficiencias en el sistema de producción. Se trata de externalidades que hasta el momento no habían sido cuantificadas y consideradas en un análisis a largo plazo. La evolución temporal de los indicadores indica que la situación de ineficiencia se agudiza aún más en el tiempo. A partir de la evaluación energética, se pone en evidencia la existencia de un proceso de intensificación de los requerimientos de flujos energéticos no renovables para desarrollar la actividad de producción tabacalera. En tal sentido, de mantenerse el *statu quo* del modelo de producción (escenario de REFER), se suscitará un incremento en la presión ejercida sobre el SSE. Ello se traduce, teniendo en cuenta la dimensión permanencia, en una actividad que se torna cada vez más insustentable. La insustentabilidad de la actividad se atribuye en este caso a: i.) los valores incrementales de  $\text{Se G}$  que se extraen del SSE para mantener la actividad ii.) la generación de un producto de alto valor energético, que se exporta de la red en forma creciente y sistemática iii.) la existencia de un índice de renovabilidad de 0; que refleja la inexistencia de flujos de energéticos renovables introducidos al sistema.

La readecuación de las estufas BC a INESO reduce las ineficiencias del sistema. Los efectos negativos sobre el SSE se minimizan y los beneficios económicos y sociales se maximizan con el escenario EEySUST. Se evidencia que la readecuación tecnológica para el sector, tiene potencial para contribuir a reducir la inequidad energética del SSE. Del análisis integral de estos aspectos, resulta claro que la actividad puede ser “más sustentable”, en un espectro que se encuentra en función del nivel de penetración tecnológica de INESO.

En el caso del escenario INSOL la demanda energética acumulada se reduce a  $1.893\text{E}+08\text{ GJ}$ , ello trae aparejada una disminución de la HC y por ende de los costos externos generados como consecuencia de la actividad de producción. La evolución de los índices energéticos denota que con el transcurrir del tiempo la actividad se torna “más sustentable”, por cuanto se reduce la presión extractiva de flujos energéticos del SSE, a la vez que el índice de renovabilidad incrementa sus valores. Se observa en simultáneo que la ineficiencia económica- ambiental se reduce, debido al descenso de los costos externos y al incremento de los costos evitados, derivados de los ahorros del insumo energético. Este último aspecto posee dos connotaciones relevantes, en principio los productores pueden percibir una reducción incremental de costos operativos en sus flujos de fondos y el estado a su vez puede reducir los costos destinados al subsidio del gas natural, sin afectar el beneficio financiero del sector tabacalero. Las implicancias sociales de las medidas de PE pueden transmutar en inclusión energética. En el caso del escenario INSOL se podría llegar a beneficiar a 3.9 millones de familias de la zona, mientras que en el escenario EEySUST el número de familias asciende a 15 millones (para un período de análisis de 15 años).

El escenario INSOL refleja la meta definida por los actores, pero dicho escenario es factible de mejora. En otras palabras la actividad puede evolucionar a un nivel de sustentabilidad más alto. En tal sentido el escenario EEySUST puede interpretarse como el máximo nivel de sustentabilidad posible de alcanzar, acotando el análisis únicamente a la mejora a partir de la implementación de INESO.

Finalmente, la experiencia desarrollada evidencia que es posible llevar a cabo un proceso de PE desde la perspectiva del marco conceptual PESCID.

## REFERENCIAS

- Ahanchian, M. & Biona J. (2014). Energy demand, emissions forecasts and mitigation strategies modeled over a medium-range horizon: The case of the land transportation sector in Metro Manila. *Energy Policy* 66 615-629.
- AlSabbagh, M., Siu, Y.L., Guehnemann, A. & Barrett, J. (2015). Mitigation of CO2 emissions from the road passenger transport sector in Bahrain. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 21 p.
- Altobelli F., Condori M., Duran G. And Martinez C.(2014) Solar dryer efficiency considering the total drying potential. Application of this potential as a resource indicator in North-Western Argentina. *Solar Energy* 105 742–759.
- Bauler T. (2012). An analytical framework to discuss the usability of (environmental) indicators for policy. *Ecological Indicators* 17 38–45.
- Brown, M.T. and S. Ulgiati. 2002. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. *Journal of Cleaner Production* 10 321-334.
- Chen G., Jianga M., Chena B., Yangb Z. & Linc C. (2006). Emergy analysis of Chinese agricultura. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115 1 161–173.
- Ciotolaa R., Lansing S. & Martin J. (2011). Emergy analysis of biogas production and electricity generation from small-scale agricultural digesters. *Ecological Engineering* 37 11 1681–1691.
- Cormio, C., Dicorato, M., Minoia, A., & Trovato, M. (2003). A regional energy planning methodology including renewable energy sources and environmental constraints. *Renewable Sustainable Energy*, 99–130.
- Cruz I.; Sauad J. y Condori M. (2012). El proceso de secado de las vainas de algarrobo. Una experiencia participativa en el diseño de nuevas propuestas de secado solar en Santa María, Provincia de Catamarca. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente (AVERMA)*. Vol. 16 19-26.
- Durán R. & Condori M. (2014) Conformación y evaluación de un índice de exclusión social – energético en los departamentos de Salta, Argentina. AVERMA, aprobado y pendiente de publicación
- Eakin H. & Luers A. (2006) Assessing the Vulnerability of Social-Environmental Systems. *Annual Review of Environment and Resources* 31 365-394.
- Giatakosa G., Tsoutsos T. & Zografakis N. (2009). Sustainable power planning for the island of Crete.
- Herendeen R. (2004). Energy analysis and EMERGY analysis—a comparison. *Ecological Modelling* 178 227–237.
- Holling C. (1973). Resilience and stability of ecological systems. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 4:1–23
- Huo, J., Yang, D., Zhang, W., Wang, F., Wang, G. & Fu, Q.(2015). Analysis of influencing factors of CO2 emissions in Xinjiang under the context of different policies. *Environmental Science and Policy*, 45 20-29.
- Kasperson J. & Kasperson R. (2001). Environment Change. Workshop summary. *Int. Workshop Vulnerability Glob., Stockholm*.
- Kaya T. & Kahraman C. (2010). Multicriteria renewable energy planning using an integrated fuzzy VIKOR & AHP methodology: The case of Istanbul. *Energy* 35 2517-2527.
- Kongwanarat, N. & Limmeechokchai, B. (2014). Sustainable rural electrification in Thailand: Analyses of energy consumption and CO2 emissions. *Proceedings of the 2014 International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development, ICUE 2014*, art. no. 6828954.
- Konstantinos D., Haris D., Argyris G. & Psarras J. (2008). Sustainable energy policy indicators: Review and recommendations. *Renewable Energy* 33 5 966–973.
- Ludwig von Bertalanffy (1950). An Outline of General System Theory,” *The British Journal for the Philosophy of Science* 1 2 134-165. Digitized by the Institute for the Study of Nature, 2009.
- Manzini F., Islas J. & Macías P. (2011). Model for evaluating the environmental sustainability of energy projects. *Technological Forecasting and Social Change* 78 6 931–944.
- Mirakyan, A., & De Guio, R. (2013). Integrated energy planning in cities and territories: A review of methods and tools. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 289–297.
- Moldan B., Janoušková S. & Hák T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: Indicators and targets. *Ecological Indicators* 17 4–13.
- Odum H. & Collins D. (2003). Transformities from Ecosystem Energy Webs with the Eigenvalue Method. *Emergy synthesis 2: Theory and Applications of the Emergy Methodology*. Proceedings from the Second Biennial Emergy Analysis Research Conference, Gainesville, Florida, September, 2001.
- Odum, H. (1988). *Emergy, environment and public policy: A guide to the analysis of systems*. UNEP Regional Seas Report and Studies N° 95.
- Odum, H. (1996) *Environmental Accounting, Emergy and Decision Making*. John Wiley, NY, 370 pp.
- Ostrom, E. (2009). A General Framework for Analyzing Sustainability of Social-ecological Systems. *Science* 419– 422.
- Pistonesi, H., Chávez, C., Figueroa, F., & Altomonte, H. (2003). *Energía y Desarrollo Sustentable en América Latina y el Caribe: Guía para la Formulación de Políticas Energéticas*. Santiago de Chile: CEPAL.
- Polatidis, H., & Giuseppe, M. (2006). Selecting an Appropriate Multi-Criteria Decision Analysis Technique for Renewable Energy Planning. *Energy Sources Part B*, 181–193.
- Prasad R, Bansal R. & Raturia A. (2014). Multi-faceted energy planning: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 38 686–699.
- Quijano R., Botero S. & Domínguez J. (2012) MODERGIS application: Integrated simulation platform to promote and develop renewable sustainable energy plans, Colombian case study. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16 5176–5187.
- Ramachandra, T. (2009). RIEP: Regional integrated energy plan. *Renewable and Sustainable Energy*, 285-317.
- Ren J., Tana S., Yang L., Goodsited M., Pange C. & Donga L. (2015). Optimization of emergy sustainability index for biodiesel supply network design. *Energy Conversion and Management* 92 1 312–321.
- Robinson, J. (2003). Future Subjunctive: Backcasting as Social Learning. *Futures*, 839-856.
- Rodríguez M. (2012). La ordenación y la planificación de las fuentes renovables de energía en la isla de Cuba desde una perspectiva territorial. Estudio de caso en el municipio de Guama- a partir de un geoportal. Tesis Doctoral. Universidad Pablo de Olavide de Sevilla.

- Rubio, E. (2006). Reflexiones sobre el concepto de Desarrollo Sostenible, sus antecedentes y algunos apuntes para el momento presente (y futuro). Actas del XVI Congreso de estudios Vascos (págs. 261-270). Euskadi: Eusko Ikaskuntza-Sociedad de Estudios Vascos.
- Seghezzeo, L. (2009). The five dimensions of sustainability. *Environmental Politics* 539 -556.
- Tsoutsos T., Papadopoulou E., Katsiric A. & Papadopoulos A. (2008). Supporting schemes for renewable energy sources and their impact on reducing the emissions of greenhouse gases in Greece *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 12 7 1767–1788.
- Wustenhagen R., Wolsinkb M. & Burera M. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy Policy* 35 2683–2691
- Zhou, Y., Hao, F., Meng, W. & Fu, J. (2014). Scenario analysis of energy-based low-carbon development in China. *Journal of Environmental Sciences* 26 8 1631-1640.

**ABSTRACT:** A contribution to the definition of the conceptual framework of the energy planning is presented from the perspective of the sustainability of five dimensions and their implications are discussed in the reduction of uncertainty for the decision making process. Additionally, indicators are defined to reflect the potential effects of the Energy Planning on the Socio-Ecological System. To do this, economic, socio-cultural and environmental components, with the temporal dimension of sustainability is linked to the analysis of prospective scenarios. Finally a case study based on the conceptual elements from the proposed Sustainable Energy Planning in five dimensions is presented. The case study concerns the assessment of the effects of the implementation of improved technology to reduce energy consumption in the tobacco.

**Key words:** Energy planning, sustainability, energy scenarios, solar energy, tobacco