

“Biomasa y bioenergía: Aportes para el manejo de ecosistemas y territorios frente al cambio climático”

Manrique, S.M.¹

¹Instituto de Investigaciones en Energía No Convencional (INENCO), Universidad Nacional de Salta (UNSa) y Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Avenida Bolivia 5150, 4400, Salta, Argentina. silmagda@unsa.edu.ar

Eje 1: ENERGÍA, EFICIENCIA Y CAMBIO CLIMÁTICO

RESUMEN

El cambio climático (CC) presenta un doble desafío: reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y adaptarse a los cambios climáticos del futuro para aliviar sus efectos adversos. En ambos casos, la biomasa –conjunto de materiales orgánicos no fosilizados generados a partir de la fotosíntesis y transformados por medio de las redes alimenticias - resulta una pieza esencial para obtener resultados exitosos a escala territorial. Por un lado, la biomasa disponible podría realizar un aporte fundamental como fuente de energía renovable, libre de emisiones de GEI; y por otro, resulta uno de los más importantes reservorios de carbono (fijación de carbono en los tejidos vegetales) al formar parte de la estructura de soporte de los ecosistemas. En este contexto, el conocer el potencial de biomasa del territorio, es la base de partida para el adecuado diseño de estrategias de mitigación y/o adaptación territorial. Se resume en el presente una breve aproximación al estudio del potencial del territorio desde el punto de vista de la oferta de biomasa para bioenergía, asumiendo que el empleo de energía renovable (ER) podría disminuir el impacto del uso de combustibles fósiles, pero también, constituye una verdadera solución inmediata en sitios desérticos o alejados de centros poblados donde estas tecnologías se prueban y perfeccionan. Dicho estudio resulta fundamental dado que la “biomasa” engloba recursos de diferente naturaleza y su potencial debe ser evaluado por separado, ya que no es posible invocar los atributos positivos de un solo tipo de combustible para la promoción genérica de la biomasa y menos para su evaluación. Una aproximación particular para cada recurso debe ser realizada. Los resultados de los estudios serán sistematizados y geográficamente espacializados (junto a otras fuentes energéticas no incorporadas en el presente) para la toma de decisiones a nivel provincial (Salta-Argentina) dentro de un Sistema de Soporte para la Toma de Decisiones (SSD) que posibilitará a los decisores explorar las posibilidades que existen dentro de la región para la utilización de ER. El objetivo a largo plazo es crear un marco de toma de decisiones que pueda ser aplicado en otras regiones para la planificación energética en diferentes escalas. El SSD propuesto se basará en el empleo de Sistemas de Información Geográfica (SIG) mediante el cual se analizará no sólo la disponibilidad de los recursos sino también los aspectos geográficos, topográficos, regulatorios, sociales, económicos y otros limitantes para el empleo de esos recursos. El desarrollo de una herramienta integral de planificación, resultará estratégica para lograr mayor sustentabilidad territorial y resiliencia frente al cambio climático.

INTRODUCCION

Energía renovable y su inserción en matrices energéticas regionales

Las matrices energéticas mundiales cuentan con una alta participación de fuentes fósiles de energía, las cuales tienen reservas limitadas (BP, 2018) y muestran fuertes fluctuaciones a pesar de ser subvencionadas en muchos países (IRENA, 2013; Becker y Fischer, 2013). Por tanto, las fuentes de energía renovable (ER) han tomado impulso en su desarrollo e implementación. La gran mayoría de los países del mundo tuvieron políticas de soporte a las ER a fines de 2015. Fue un año clave, en particular por la realización de la COP21 en París y la firma del Acuerdo de París, donde 195 países acordaron limitar el calentamiento global por debajo de 2°C. La mayoría de los países se comprometieron con iNDCs (contribuciones nacionales determinadas incondicionales), basadas principalmente en aumentar la participación de ER y medidas de eficiencia energética (REN 21, 2016). A fines de 2017, son 179 los países con políticas de fomento a estas fuentes de energía, o algún tipo de objetivo de participación de renovables a nivel nacional (REN 21, 2018). Los países que respaldan el crecimiento de las ER buscan aprovechar los beneficios de estas fuentes renovables y menos contaminantes, en pos de lograr el cumplimiento de metas ambientales nacionales e internacionales, principalmente en cuanto a reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes locales (Cosmi et al., 2003; Amador y Domínguez, 2005).

Argentina finalizó el 2016 con 0,8 GW de capacidad instalada de ER, significando una participación de 1,8% de la energía nacional demandada en ese año. La Ley N° 26190 y su modificatoria N° 27191, requiere que para 2025 el 20% de la matriz debe estar compuesta por renovables (Figura 1).

Figura 1. Proyección de capacidad instalada en ER para el 2025 (CI, en MW), y porcentaje del total de energía demandada que es cubierta con ER (%ER) (Fuente: www.minem.gob.ar).

La provincia de Salta, al norte de Argentina (que representa un 6% del territorio nacional), ha sido identificada como una de las provincias con alto potencial para aprovechamiento de biomasa y energía solar, principalmente (GENREN, 2007). Existe asimismo una demanda provincial energética creciente (y fósil-dependiente) que sigue las tendencias nacionales. Resulta necesario desarrollar a lo largo y ancho del país, sistemas de toma de decisiones que permitan la incorporación de ER de manera planificada, y basada en un análisis integral del territorio bajo análisis (física o políticamente definido) considerando tanto las potencialidades como las limitaciones en aspectos geográficos, políticos, climáticos, edáficos, económicos, sociales, ambientales, y otros, que asimismo, puedan ser continuamente actualizados. Con una adecuada planificación, sostenida en la base de conocimiento científico y tecnologías dinámicas como los SIG, se posibilitará sin duda el adecuado aprovechamiento del enorme potencial de los recursos de ER, que aún no ha sido incorporado significativamente en el mix energético provincial.

En este trabajo se resumen algunos aportes logrados en el Grupo de Planificación Energética y Gestión Territorial (PEyGT) del INENCO, y en particular, de interés en el marco del proyecto PIP CONICET N° 035 “*Sistema de soporte para la toma de decisiones en energías renovables (Salta – Argentina)*”, que aún continúa en ejecución. La propuesta se sustenta en el reconocimiento de una estrecha vinculación entre las cuestiones energéticas y territoriales. El abordaje de diagnósticos, análisis de alternativas y políticas energéticas desde la óptica territorial, posibilita una percepción más integral de la temática y el logro de resultados más eficientes para su transferencia y práctica. Las cuestiones energéticas se integran al territorio como demanda y problemática a resolver (requerimientos sociales y productivos), pero también como oportunidad y potencialidad para el cambio (mayor eficiencia, tecnologías nuevas, cuidado ambiental). En particular, las energías renovables presentan buenas perspectivas para la mejora de los escenarios territoriales en su valoración como: recurso para mejorar las condiciones de vida, respuesta a problemáticas ambientales y estrategia para el desarrollo local y regional (Belmonte, 2009). El proyecto de investigación está orientado a generar un sistema de apoyo para la toma de decisiones en el ámbito de las energías renovables, aplicado particularmente a la región NOA de Argentina, provincia de Salta, pero con potenciales adaptaciones a otros contextos y regiones. Por un lado, este sistema de soporte incluye un conjunto de componentes (capas temáticas) con información de base y específica para la evaluación de los recursos y la demanda energética, integrados en un Sistema de Información Geográfica (SIG). El sistema comprende a su vez, el desarrollo de modelos instrumentales para diversas aplicaciones en la toma de decisiones energéticas a escala territorial vinculadas a la localización de sitios, evaluación de los recursos potenciales, identificación de la demanda, priorización de alternativas, evaluación de riesgos e impactos, monitoreo de proyectos, entre otras posibles funciones de análisis (Belmonte et al., 2017).

El país en el contexto del cambio climático: aporte de la biomasa y bioenergía

En el país, existe información recientemente generada por científicos del Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA) perteneciente a la Universidad Nacional de Buenos Aires y al CONICET, quienes realizaron la evaluación de las tendencias del clima del pasado reciente (desde la segunda mitad del siglo XX) y una proyección del clima futuro (siglo XXI) de la Argentina, en el marco de la Tercera Comunicación Nacional (TCN) que la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación (SAyDS) elevó a la CMNUCC en el año 2015 (Barros y Vera, 2015). Los escenarios climáticos del siglo XXI fueron calculados sobre dos horizontes temporales: clima futuro cercano (2015-2039), de interés para las políticas de adaptación, y clima futuro lejano (2075-2099), de carácter informativo sobre el largo plazo. Y para dos escenarios de futuras concentraciones de GEIs, que corresponden en el primer caso a un crecimiento de emisiones moderado (emisiones medias) y en el segundo a un crecimiento con las tendencias actuales (emisiones altas).

El CIMA señala que en Argentina, para el período 1950-2010, el aumento de la temperatura media anual alcanzó 0,5 °C en promedio sobre toda la región noroeste, llegando a 0,7 °C en la provincia de Salta. En este sector, la tendencia de aumento proyectada hasta el 2030 es de las más altas del planeta y mayor aún sobre el fin del siglo, con un crecimiento de 4-5 °C, lo que implicaría una aceleración del calentamiento observado en los últimos 50 años (confianza media). Para el municipio tomado como estudio de caso, que se explica más

adelante (Coronel Moldes, Salta, Argentina), se pronostica el aumento de los valores medios en algunas variables climáticas (Tabla 1):

VARIABLES CLIMÁTICAS	VARIACIÓN CON RESPECTO AL PRESENTE
Temperatura máxima	Aumento de 1,35 °C
Noches tropicales	Aumento de 7 noches tropicales por año
Temperatura mínima	Aumento de 1,32°C
Precipitación anual	Variación de 2,61 mm/año
Temperatura media	Aumento de 1,21 °C
Heladas por año	21 días menos con heladas por año
Nº días con precipitación mayor a 10 mm	3 días más por año
Nº días con precipitación mayor a 20 mm	3 días más por año
Nº de días de olas de calor	Aumento de 32 días en la duración de olas de calor
Máxima longitud de días secos	Variación de -4 días en la duración de la máxima racha seca

Tabla1. Proyecciones de variación climática en Coronel Moldes, para escenario de emisiones altas, en el período 2015 a 2039 (SIMARCC, 2018).

Una modelación climática desarrollada por The Climate Impact Lab (CIL, 2018), un grupo de científicos, economistas y analistas de datos del clima del Rhodium Group, la Universidad de Chicago, la Universidad de Rutgers y la Universidad de California (Berkeley), permite conocer históricamente la evolución de las tendencias climáticas en Coronel Moldes (Figura 2).

Figura 2. Cantidad de días con 32°C o superiores por año en el municipio de Coronel Moldes, desde 1960 a la actualidad (CIL, 2018).

Según se observa en la Figura 2, en el sitio de estudio se pasó de un registro en el año 1960 de 24 días por año con temperaturas iguales o superiores a 32°C, a un total de 36 días en la actualidad. La proyección para fin de siglo es que existan entre 52 - 121 días con esa temperatura o superior. Esta simulación señala que es probable que el área de Coronel Moldes sufra este calor adicional incluso si los países toman medidas para reducir sus emisiones de GEIs para fines de siglo. Si los países continúan emitiendo a tasas históricamente altas, el futuro podría verse aún más caliente. La proyección futura que se muestra aquí supone que los países reducirán las emisiones aproximadamente en línea con las promesas del Acuerdo de París en el mundo (aunque la mayoría de los países no parecen estar en camino de cumplir esas promesas)(CIL, 2018).

Dadas las proyecciones climáticas para la zona, aumentará la probabilidad de olas de calor más intensas y de mayor expansión de enfermedades que son transmitidas por vectores, como el dengue o el paludismo (Gentile, 2015). Asimismo, sería un impacto importante, sobre todo para la producción agrícola y ganadera. Un aumento de 2°C o más de temperatura media, modificaría regímenes e intensidad de lluvias y tipos de vegetación, además de generarse las condiciones para la desertificación de grandes áreas de la región. La TCN señala que la región noroeste estaría sujeta a un fuerte estrés hídrico, lo que podría alterar procesos fisiológicos, conducir a una menor eficiencia del uso del agua por los sistemas ecológicos y la probable extinción local de algunas de las especies menos tolerantes a estas nuevas condiciones.

El compromiso climático de Argentina adoptado en la Cumbre de París en 2015, es no exceder la emisión neta de 483 millones de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO_{2eq}) en el año 2030, a partir de las actuales 369 $MtCO_{2eq}$ reportadas en la TCN (Barros y Vera, 2015). La meta se logrará a través de la implementación de una serie de medidas de mitigación a lo largo de la economía, focalizadas en los sectores de energía, agricultura, bosques, transporte, industria y residuos. En esta línea, la identificación de los focos de prioridades provinciales, es el punto de partida para que los esfuerzos provinciales se capitalicen en beneficio del país. En la provincia de Salta, norte de Argentina, el sector de AGCUSS (agricultura, ganadería, silvicultura y otros usos de la tierra) es el de mayor aporte a las emisiones provinciales de GEIs, con una participación del 82% del total (deforestación principalmente). El segundo sector de mayor importancia de emisiones es el energético (Figura 3).

Figura 3. Ficha provincial Salta. Principales sectores de emisiones de GEI asignadas a Salta para el 2015 (Barros y Vera, 2015).

Frente al doble desafío del cambio climático (CC): reducir las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) y adaptarse a los cambios climáticos del futuro para aliviar sus efectos adversos, la biomasa resulta una pieza esencial para obtener resultados exitosos a escala territorial. Se entiende por biomasa al conjunto de materiales orgánicos no fosilizados generados a partir de la fotosíntesis y transformados por medio de las redes alimenticias. Por un lado, la biomasa disponible podría realizar un aporte fundamental como fuente de energía renovable, libre de emisiones de GEI; y por otro, resulta uno de los más importantes reservorios de carbono (fijación de carbono en los tejidos vegetales) al formar parte de la estructura de soporte de los ecosistemas. En este contexto, el conocer el potencial de biomasa del territorio, es la base de partida para el adecuado diseño de estrategias de mitigación y/o adaptación territorial.

Se resume en el presente una breve aproximación al estudio del potencial del territorio desde el punto de vista de la oferta de biomasa para bioenergía, asumiendo que el empleo de energía renovable (ER) podría disminuir el impacto del uso de combustibles fósiles, pero también, constituye una verdadera solución inmediata en sitios desérticos o alejados de centros poblados donde estas tecnologías se prueban y perfeccionan, contribuyendo a una mayor resiliencia local y facilitando la adaptación al cambio climático.

RESEÑA DE APROXIMACION METODOLÓGICA PARA ESTUDIO DE RECURSOS

La metodología para el estudio del potencial de recursos de biomasa del territorio implica claramente dos instancias diferentes. La primera de terreno, y la segunda de digitalización y construcción de la plataforma de SIG. Se menciona en este trabajo, el abordaje de terreno, haciendo hincapié en la secuencia metodológica desarrollada (Figura 4), que será la estructura interna del sistema, y fuente de insumo para las modelaciones. El esquema que aquí se resume podrá ser replicado en otros municipios que se definan para incorporar en el sistema y/o en otros de interés. Los criterios, indicadores y aproximaciones propuestas, constituirán la base para el Sistema de Toma de Decisiones informático que será construido para esta fuente energética.

Figura 4. Síntesis de propuesta metodológica para abordaje en terreno de recursos de biomasa con fines energéticos.

● **PASO 1. Relevamiento de recursos**

Para comenzar el estudio a nivel de territorio, es necesario lograr la identificación de la biomasa potencial de la unidad de análisis. Las categorías de recursos que podrían relevarse se muestran en la Figura 5. En este caso, se propone el estudio a nivel de un municipio (ejemplificatorio), para luego replicar el procedimiento en los diferentes municipios que interesan incorporar en la planificación. Una vez identificada la unidad de análisis, interesa reunir la información ya generada (económica, social, política, legislativa, productiva, etc.) a fin de conocer aspectos básicos de la misma. En el caso de que existieran, interesa conocer las instituciones, organizaciones, asociaciones operando en la zona. Las experiencias previas de proyectos bioenergéticos que pudieran haberse ejecutado o estar en ejecución deben identificarse claramente, estudiando los resultados exitosos y los posibles factores de fracaso. Las fuentes para obtener dicha información, pueden ser oficiales (como registros generados de estadísticas, informes, investigaciones ya existentes) o de generación propia, como las observaciones personales, conversación con los actores locales, talleres participativos y/o encuestas. Todas estas técnicas se aplicaron en el territorio bajo análisis.

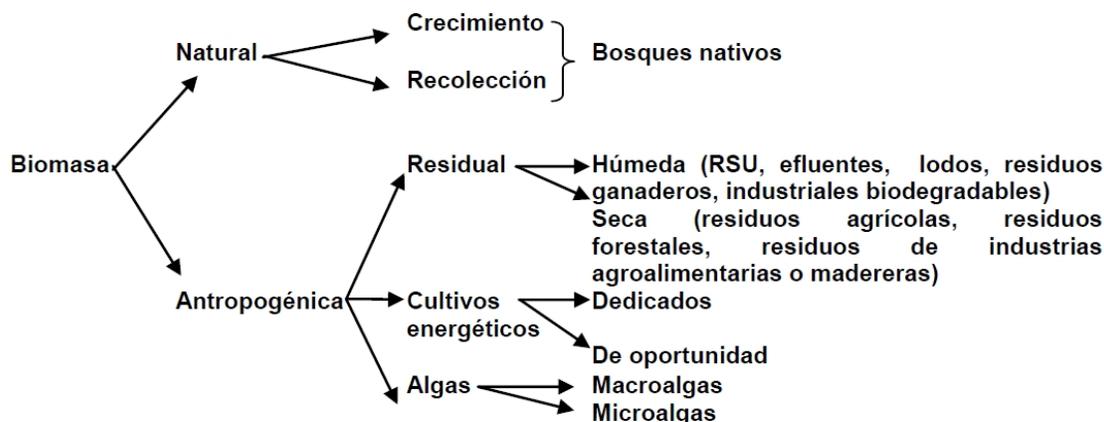


Figura 5. Categorías de recursos de biomasa a considerar (Manrique, 2016).

La unidad de análisis es Coronel Moldes, un municipio en el centro de la provincia de Salta, norte de Argentina. Se puede ver su ubicación relativa en la Figura 6, como así las diferentes coberturas de suelo que fueron identificadas en el mismo (Tabla 2). Cabe destacar que el trabajo con tecnologías digitales y cartografía, en los casos en que resulta factible, posibilita una mirada integradora de la unidad de análisis. El apoyo de mapas y/o imágenes satelitales de la zona o unidad, facilita el conocimiento del terreno y la identificación de rasgos especiales necesarios en el diseño de proyectos.

El municipio de Coronel Moldes (departamento La Viña), pertenece al Valle de Lerma, en el centro de la provincia de Salta (norte de Argentina), junto con otros 12 municipios. La

superficie total del Valle, es de aproximadamente 5.005 km², con una longitud máxima de 144,3 km y un ancho máximo de 52,3 km (entre 24°22.0' a 25°43.0' de latitud sur y de 65°15' a 65° 48' de longitud oeste). De los 1.3 millones de habitantes de la provincia de Salta (INDEC, 2010), el 53% se concentra en el Valle de Lerma. El Municipio de Coronel Moldes se localiza en altitudes que varían entre los 1.100 -1.200 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 17.9° C (máxima de 22,9 °C en enero y mínima de 11,2°C en julio). La precipitación promedio llega a los 428 mm/año, con una fuerte concentración de las mismas entre los meses de diciembre y marzo (Bianchi y Yáñez, 1992). La superficie total es de 84.000 ha.



Figura 6. Ubicación del municipio bajo estudio (Coronel Moldes, Salta) en sud América (izquierda) y en Argentina (derecha).

El Valle de Lerma es principalmente tabacalero. Esta actividad, que data de los años 40, está fuertemente arraigada en la zona, si bien, permanece sólo por estar fuertemente subsidiada. Sin embargo, existen características tipológicas propias en función del tamaño de la explotación, aspecto que mantiene una estrecha relación con la demanda de mano de obra y la tecnificación del proceso de producción. Así, la situación de los productores y su vulnerabilidad es diferente en función de estas características (la superficie de la explotación varía desde menos de 5 ha a más de 200 ha).



Figura 7. Producción tabacalera en el municipio: riego (izquierda) y cosecha (derecha).

Para las clases de cobertura con potencial de generación de biomasa, se estimaron las superficies ocupadas en el municipio (Tabla 2). Cuando se observó que se trataba de generación puntual de recursos de biomasa, no se incluyeron en los análisis, ya que corresponde a desarrollo de proyectos a tratar con un particular, que no permitiría un trabajo conjunto (en algunos casos podría ser factible la asociación entre varios propietarios que generen ese mismo tipo de recurso residual). En el caso de los ecosistemas, estos se clasifican según Cabrera (1994).

Clases de cobertura	Superficie (ha)
Parcelas agrícolas	2.621
Vegetación rala de laderas (Provincia fitogeográfica Prepuneña)	3.665
Pastizales serranos (Provincia fitogeográfica Prepuneña)	3.165
Arbustales y matorrales (otras tierras forestales)	10.159
Chaco serrano y transición (Provincia fitogeográfica de Chaco)	32.355
Bosques montano subhúmedo (Provincia fitogeográfica de Yungas)	12.807
Bosques montano húmedo (Provincia fitogeográfica de Yungas)	3.468

Tabla 2. Superficie cubierta por cada clase de cobertura en el Municipio.

El 72% de la superficie cultivada corresponde a la producción de tabaco, 11,3% corresponde a ají, un 2% a hortalizas (acelga, ají, ajo, batata, cebolla, choclo, espinaca, tomate, zanahoria, otros) y el resto a producción de forrajeras que se destinan principalmente al pastoreo directo (sin generación de biomasa). Existen parcelas de autoconsumo y otras producciones menores. El ciclo de producción de tabaco Criollo difiere del tabaco Virginia, por lo cual, los residuos (palos, tallos) quedan disponible de diferente manera (ver Manrique et al., 2009). Con respecto a las *existencias ganaderas*, las principales son la caprina y ovina, seguida por vacuna, todas de forma predominantemente extensiva (sin manejo de rodeos), con lo cual no resulta un recurso aprovechable de manera inmediata. El tiempo en corrales es el único momento en que resultará factible reunir estiércol animal. En cuanto al *sector industrial*, en el municipio sólo existen unos pocos establecimientos comerciales. La mayor parte están dedicados al sector de turismo. Los principales recursos de biomasa que pueden generarse en este caso son los residuos sólidos urbanos (RSU). La actividad industrial está compuesta por fábricas de quesos de cabra artesanal, panaderías y establecimientos familiares dedicados a la producción de

dulces y comidas regionales. Los RSU actualmente se depositan en el lecho del río cercano, pero en general, puede apreciarse un insuficiente sistema de recolección y disposición de los mismos.

- **PASO 2. Evaluación ETD_R**

Mediante un Esquema de Toma de Decisiones de Recursos (ETD_R) (Manrique y Franco, 2013) se analizaron los recursos potenciales identificados, a fin de seleccionar aquellos disponibles para su uso. Se utilizaron los criterios (o factores de restricción) siguientes, que se denominaron “las 8E”: Existencia (E1), Equilibrio (E2), Esparcimiento (E3), Efectos (E4), Experiencias (E5), Exigencias (E6), Estimación (E7), Expectativa (E8). Para el análisis preliminar de los recursos del territorio aplicando ETD_R, los talleres de discusión llevaron a la definición de las categorías de evaluación (Tabla 3), y a la asignación de puntaje (Tabla 4).

C	Alto	Medio	Bajo
E1	El recurso se genera o existe en 1/3 o más de la superficie del municipio.	El recurso se genera o existe en 1/6 de la superficie del municipio.	El recurso se genera o existe en 1/9 de la superficie del municipio
E2	La frecuencia de generación del recurso es de diaria a mensual	La frecuencia de generación del recurso es de mensual a anual	La frecuencia de generación del recurso es bianual o plurianual
E3	El recurso se encuentra concentrado en 1/3 de la superficie del municipio.	El recurso se encuentra concentrado en 1/6 de la superficie del municipio.	El recurso se encuentra concentrado en 1/9 de la superficie del municipio. Alta dispersión.
E4	El impacto del uso de este recurso alcanzaría a 1/3 de la población del municipio	El impacto del uso de este recurso alcanzaría a 1/6 de la población del municipio	El impacto del uso de este recurso alcanzaría a 1/9 de la población del municipio
E5	No existen otros usos del recurso	Se identifican 1 a 2 usos del recurso	Se identifican 3 o más usos del recurso
E6	No se detectan restricciones legales o físicas para su uso	Se detectan hasta 2 tipos de restricciones legales o físicas para su uso (el recurso se ve afectado en menos de 20% del total)	Se registran 3 o más restricciones legales o físicas para su uso (o alguna de ellas o todas afectan más del 50% del recurso)
E7	Existe aceptación y/o interés de uso del recurso en 1/3 o más de la población consultada	Existe aceptación y/o interés de uso del recurso en menos de 1/3 de la población consultada	No existe aceptación y/o interés de uso del recurso
E8	Existe una alta probabilidad de que el recurso continúe generándose por lo menos por 3 factores (políticos, legales, financieros, culturales u otros)	Existen 1 a 2 factores que indica probabilidad de que el recurso continúe generándose (por factores políticos, legales, financieros, culturales u otros)	No existen probabilidades de que el recurso continúe generándose.

Tabla 3. Parámetros que definen las categorías de la escala, según cada criterio.

Los recursos del municipio mostraron el siguiente Índice de Disponibilidad del Recurso (IDI) (Manrique y Franco, 2013), luego del análisis desde las 8E.

Tipo de biomasa	Criterios								PF	IDI
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8		
Biomasa natural										
Chaco	10	5	10	0	0	5	10	5	45	56,25
Selva	5	5	5	0	0	5	10	5	35	43,75
Arbustales	5	5	5	5	0	10	10	5	45	56,25
Biomasa residual agrícola										
Tabaco Criollo	10	5	5	10	10	10	10	10	70	87,5
Tabaco Virginia	5	5	0	10	5	10	10	10	55	68,75
Ají	0	5	0	10	10	10	10	10	55	68,75
Hortalizas	0	5	5	5	5	5	10	5	40	50
Residuos ganaderos no estabulados										
caprinos	0	10	0	5	10	5	0	5	35	43,75
vacunos	5	10	0	5	10	5	0	5	40	50
equinos	0	10	0	5	10	0	0	5	30	37,5
RSU	0	10	0	10	5	5	0	10	40	50

Tabla 4. Valores de IDI obtenidos para cada recurso potencial analizado. PF: refiere a puntaje final.

Los recursos que arrojaron un IDI mayor que 50% son los que se muestran en las Figuras 8 y 9. En el caso de tabaco Criollo, tiene alta predominancia en la zona (E1); con una frecuencia de generación de mensual a anual (E2); una concentración del recurso media (E3); un alto impacto positivo por la reducción de quemas de residuos en el caso de su empleo (E4); ningún otro uso actual que pudiera entrar en competencia (E5); no se detectan restricciones de manera preliminar, aunque luego deberán evaluarse factores económicos o técnicos (E6); la tendencia a largo plazo actual es de persistencia de la actividad (E8). Existe predisposición y aceptación cultural (E7). Con un IDI de 87,5%, se puede considerar como un recurso “óptimo”. Esta clasificación escapa al análisis y valoración sobre las prácticas tradicionales de manejo. Si bien se trata de un recurso altamente extractivo de nutrientes, en los casos en que los productores incorporan los rastrojos al suelo, no han logrado disminuir las necesidades de fertilización del mismo, ya que no existe prácticamente descanso del suelo para que ocurra el tiempo necesario para la degradación de residuos e incorporación natural. Por tanto, prácticas mejoradas y/o aún cultivos alternativos, son aspectos que deberían discutirse con las instancias políticas y administrativas de promoción y toma de decisiones.

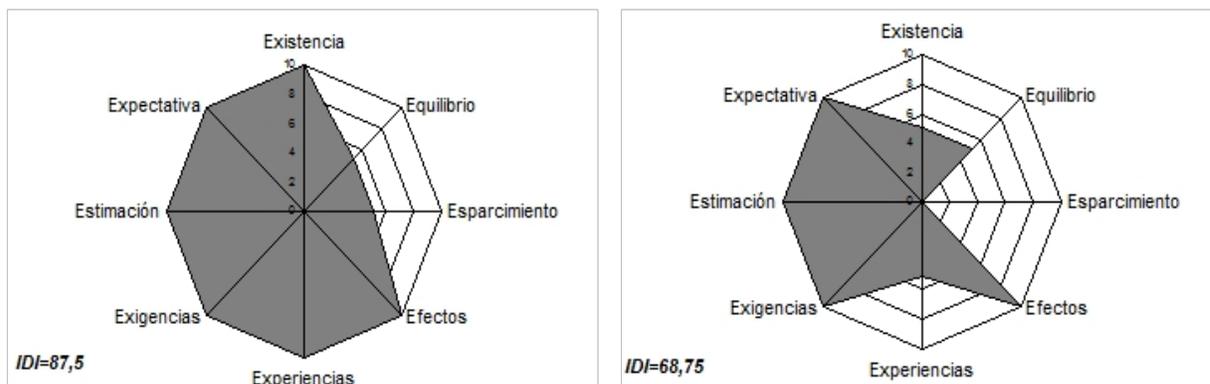


Figura 8. Representación del IDI para tabaco Criollo: recurso “óptimo” (izquierda) y para

tabaco Virginia: recurso “estable” (derecha).

En el caso de Tabaco Virginia, su IDI es un poco menor (68,75 %), indicando un recurso “estable”. Sus aspectos más fuertes son: una alta expectativa de mantenimiento de la actividad (E8); buena aceptación cultural y social de su posible empleo (E7); no se detectan actualmente restricciones para el empleo de estos residuos (E6); y los potenciales impactos del recurso (E4). Por otra parte, los puntos más débiles se registran en cuanto a su existencia (menor cantidad que para tabaco Criollo) (E1), la frecuencia de generación (anual) (E2); que se encuentra muy dispersa en el municipio (también acentuado por la baja cantidad de superficie cubierta) (E3); y el factor “experiencias” (en algunos casos este recurso es reincorporado al suelo) (E5).

Con idéntico IDI que el recurso anterior, el ají se presenta como un recurso “estable”, aunque su distribución es diferente. Puede notarse que es fuerte en cuanto a expectativa (perspectiva futura) (E8), estimación (aceptación cultural) (E7), exigencias (restricciones nulas) (E6), experiencias (no existen otros usos del recurso en la zona) (E5) y “efectos” (E4). Sin embargo, su existencia es baja (E1), la frecuencia de generación es media (E2) y se encuentra disperso (acentuado por su baja cantidad) (E3).

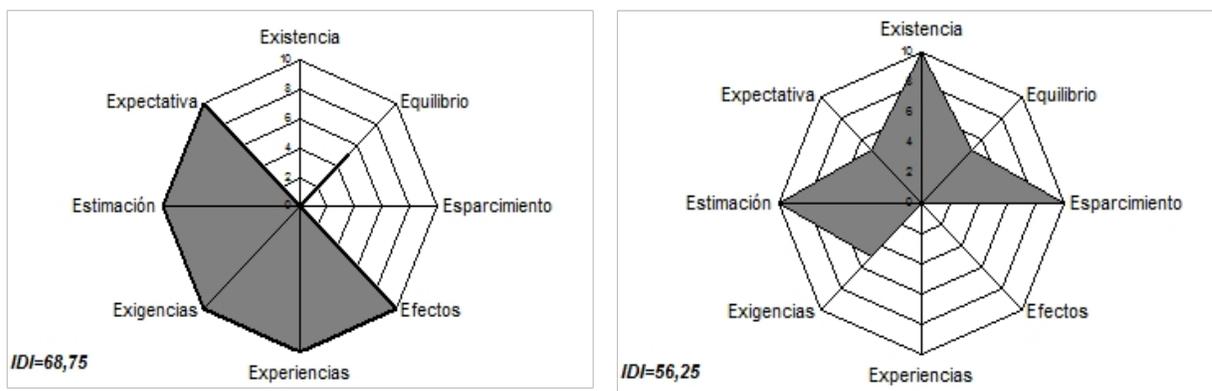


Figura 9. Representación de ají (izquierda): recurso “estable” y para biomasa anual desde el ambiente de Chaco (derecha): recurso “inestable”.

En cuanto a biomasa leñosa, la región de Chaco, por la mayor superficie presente en el municipio, muestra un IDI de 56,25% (inestable). Un mal uso o sobreuso de este recurso, no sólo continuará generando la degradación del recurso sino también la pérdida de servicios ecosistémicos asociados. Este recurso igualmente tiene una frecuencia (E2) de generación media (si bien existe de manera continua, el crecimiento es gradual y el porcentaje que podría aprovecharse debe ser regulado en función de éste); la percepción y aceptación local es alta (E7); la tendencia en el tiempo, sin ningún tipo de medidas de manejo y bajo las condiciones actuales, es negativa (E8); y por su nivel de degradación deben existir restricciones a su empleo (E6). Por otra parte, agravando la situación, existen más de 3 usos identificados del recurso (E5) y sin planes de manejo en implementación, se estima una mayor degradación del recurso y por tanto los impactos o efectos son negativos (E4). Con idéntico IDI (56,25%) se muestra la zona de arbustales, aunque el avance de estos ambientes puede implicar el retroceso de la región boscosa de Chaco. En un punto intermedio, con un IDI de 50%, la biomasa natural del ambiente de Yungas, siempre y

cuando existieran planes de manejo específicos, podrían ser aprovechados. Medidas de restauración y conservación de las masas boscosas podrían resultar necesarias.

Del total de biomasa disponible desde los recursos estudiados del municipio, el subsector agrícola (residuos de tabaco y ají) aporta un 2,3% mientras que el subsector de biomasa leñosa significa el 97,7% restante. El sector de biomasa leñosa natural es el que mayor potencial bioenergético presenta, tanto por su superficie cubierta, como por sus características combustibles. Sin embargo, las estimaciones realizadas deben ser precisadas con mayores investigaciones y trabajos de terreno, ya que todavía es poca la información científica con la que se cuenta para que las decisiones tengan mayor solidez y respaldo, en relación con aspectos biológicos y ecológicos necesarios para el manejo de estos ecosistemas. El uso cascada de los recursos naturales es siempre la opción recomendada.

- **PASO 3. Definición de sistemas bioenergéticos**

En este paso debe incluirse la estimación de la oferta energética disponible desde los recursos seleccionados, la demanda energética de la región y la aplicación a la que se va a destinar la bioenergía.

A fin de conocer las principales demandas energéticas, se realizaron consultas mediante entrevistas semi-estructuradas a los siguientes sectores: i) Gobiernos: Intendentes y/o Secretarios de gobierno; ii) Empresas (tabacaleras, básicamente); iii) Asociaciones (Cámaras de Tabaco locales y provincial, Mutual de Tabaco de Salta, Consorcios de riego, Asociaciones de Pequeños Productores del Valle, Asociaciones de artesanos); iv) Productores: tabacaleros y hortícolas y v) Pobladores: ubicados en puestos de acceso a la población en general: agentes sanitarios, maestros, enfermeros, dirigentes locales y comerciantes. Estos sectores participaron de instancias de discusión, que llevaron a las siguientes conclusiones: a) para la zona alta y montañosa del municipio (considerando como límite inferior la cota de 1600 m.s.n.m) las demandas energéticas prioritarias son: cocción y calefacción (89%); b) mientras que para la zona baja (desde 1600 msnm para abajo), las principales demandas son energía calórica (63%) y eléctrica (23%) para procesos productivos. En el primer caso, por las condiciones de subsistencia, y en el segundo caso, porque el sector urbano está alcanzando por la red de electricidad (aunque no alcanza a 50% de la población).

El 62% de las personas consultadas estaría dispuesto a utilizar los recursos de biomasa identificados con fines energéticos; el 25% estaría dispuesto frente a determinadas condiciones y un 13% de la población no está de acuerdo en utilizar bioenergía. Las personas cuya respuesta fue condicional, dieron las siguientes razones: que no implique mayores gastos; depende cuál sea el organismo que esté a cargo; según el asesoramiento técnico; depende cuál sea la propuesta; en función de la ayuda gubernamental; siempre y cuando no disminuya su ingreso; depende de la complejidad del proyecto. Los resultados variaron en función del tipo de recurso señalado. Las personas no son conscientes en muchos casos de sus propios beneficios, sino que asumen que su participación debería ser recompensada.

La estimación precisa de la cobertura energética que podría lograrse, puede realizarse contando con los datos de cantidad de habitantes y estadísticas de consumo promedio de habitante por año de cada recurso: leña, electricidad o demanda de combustible para fines térmicos. Por ejemplo:

a) *Potencial cobertura de la demanda de leña per cápita*

FAO (2009) menciona que en Argentina el consumo de leña (y el equivalente de biomasa en carbón vegetal) es de 0,75 t/año por persona.

En el **sector rural** (zona alta) del municipio es común el uso de leña, ya que no hay acceso a otras fuentes de combustibles. Sin embargo, es necesario el desarrollo de planes de manejo de los bosques para evitar que los procesos de degradación continúen. La demanda de leña de este sector se estima en 2900 t/año. Esta demanda no puede ser cubierta actualmente con otra fuente energética distinta de la leña obtenida del ecosistema de Yungas. Alternativas de uso solar son sugeridas a fin de observar la posibilidad de reemplazo de la misma.

Para el **sector urbanizado**, en la medida que la población tiene acceso a las redes de gas natural (si bien todavía con insuficiente cobertura), o los centros de venta de gas en garrafa, no se incluyó en las estimaciones. Sin embargo, sí se consideró que en este sector se desarrollan diferentes procesos productivos, que demandan este recurso. Por ejemplo, en el municipio, un 19% realiza la variedad Virginia, y de éstos, el 90% utiliza secado a leña (de un total de 83 productores) –el resto utiliza estufas a gas natural-. La demanda de leña anual para esta actividad, varía según la cantidad de estufadas¹ necesarias para el secado de toda la producción de tabaco. Y en relación directa, la producción total de tabaco (sin tener en cuenta otros factores) está directamente relacionada con la superficie cultivada por el productor. En función de los datos proporcionados por los encuestados, pueden considerarse que se demandan 8 m³ por estufada. En cada estufada se secan 2 ha de tabaco aproximadamente. Las categorías de productores consideradas son: i) productores que cultivan hasta 10 ha, ii) los que cultivan hasta 20 ha; iii) los que cultivan hasta 50 ha; iv) los que cultivan hasta 100 ha y por último, v) los que poseen o utilizan hasta 150 ha. La asignación de productores a cada categoría se realizó de acuerdo a criterio propio, en función de la evidencia de campo y datos aproximados proporcionados por diversas fuentes del sector tabacalero, a los fines de estas estimaciones. La cobertura de la demanda de leña se analizó a la luz de todos los tipos de biomasa lignocelulósicos disponibles.



Figura 10. Estufa comunitaria a gas natural, tipo Bulk Curing, y estufa comunitaria a leña

La demanda total anual de leña calculada ($3.600 \text{ m}^3/\text{año}$), representará para cada ecosistema de la zona, un tonelaje anual diferencial en función de la densidad básica de la madera en cada caso (definida como peso seco sobre volumen verde, y puede obtenerse experimentalmente en laboratorio o tomarse de bases de datos disponibles por ejemplo ICRAF Wood Density Database <<http://db.worldagroforestry.org/wd>>, Global Wood Density Database <<http://hdl.handle.net/10255/dryad.235>>). En promedio, para las especies de la zona, podría tomarse $0,7 \text{ t/m}^3$ convirtiendo dicho volumen en una masa de 2500 toneladas de leña por año. A los fines de su transporte, debe considerarse la densidad aparente (kg/m^3), que es el modo en que cada recurso de biomasa tiende a llenar un volumen determinado, y varía fundamentalmente con el grado de compactación que haya sufrido (que disminuye sustancialmente el volumen de aire en los huecos), así como con el contenido de humedad que presente. Si aceptamos un grado de empaquetamiento del 80% (80% del volumen ocupado por la leña y 20% ocupado por aire), el volumen aparente de la leña será: $3600 \text{ m}^3 / 0,8 = 4500 \text{ m}^3/\text{año}$. Los residuos agrícolas solo aportan 643 t/año, con lo cual solo puede reducirse un 25% del consumo actual de leña proveniente del ecosistema de Chaco. Si las Acacias respondieran a planes de manejo como un cultivo energético de oportunidad, la presión sobre el ecosistema mencionado se vería reducida. El diseño e implementación de planes de manejo, resultan por tanto, fundamentales.

b) Demandas eléctricas: potencial cobertura de electricidad

Se utilizó el valor de consumo de electricidad sugerido por Banco Mundial de 3.053 kWh/per cápita.año.

En el caso de la posibilidad de generación de electricidad desde estos recursos de biomasa, se aplicó un valor de eficiencia de 28%, asumiendo que se emplearían dispositivos y sistemas en funcionamiento en la región, que presentan valores cercanos a éste (centrales de conversión eléctrica). Si el total de bioenergía disponible desde la biomasa estudiada, fuera utilizado para generar electricidad, podría cubrirse la demanda eléctrica de alrededor de 2.000 personas del municipio, un 50% de la población del mismo. Un análisis de sensibilidad variando la eficiencia de conversión eléctrica, puede observarse en la Figura 11.

Figura 11. Demanda de electricidad anual cubierta por cada tipo de recurso de biomasa (en número de habitantes), asumiendo hipotéticas eficiencias de conversión.

La estacionalidad de los recursos, la dispersión, la baja densidad energética, la necesidad de recolección y acopio, los costos de transporte y mano de obra, la orografía del terreno y las inversiones necesarias para mantener en funcionamiento una central eléctrica de estas características, posiblemente resulten restrictivas para la zona. Debe considerarse que estos recursos están dispersos en una gran superficie, y que este escenario considera la cosecha y almacenamiento de dichos recursos en un solo sitio, con lo cual obliga a traslado de material y a asegurar un suministro continuo. En este caso, para lograr la cobertura eléctrica de las familias que aún carecen de ella en la zona baja, sería más conveniente extender las redes eléctricas existentes, aprovechando estos residuos para generación de calor dentro de las mismas fincas. De otra manera, la venta de tales residuos para un emprendimiento de mayor envergadura, quizás resulte una opción factible. En estos cálculos, los recursos de biomasa seleccionados solo lograrían cubrir demandas térmicas. Emprendimientos más pequeños y/o incorporación de más recursos, podrían cambiar este panorama.

c) Definición de los sistemas bioenergéticos prioritarios

Los análisis anteriores, guían claramente a la priorización de algunos sistemas sobre otros. Aplicaciones térmicas, para la escala de trabajo, serían más ventajosas. En el caso de la biomasa leñosa que podría aprovecharse como leña, ya se ha señalado que los ecosistemas locales muestran un alto grado de degradación, y que solo se aconsejaría su utilización bajo la existencia de planes de manejo. Más aún, debe considerarse que la demanda actual no proviene solo desde el sector residencial, sino que también existen emprendimientos y fábricas que utilizan este recurso. La demanda local debe ser finamente estudiada a fin de dimensionar la real oferta de este recurso que podría estar disponible sin afectar los ecosistemas. Los estudios deben enfocarse sobre especies particulares, que aporten datos sobre la ecología de las mismas, pero también sobre su capacidad de respuesta frente a cosechas para bioenergía. Los tiempos de crecimiento de las especies deben ser tenidos en cuenta. Una mezcla de diferentes recursos, bajo un calendario de uso, puede resultar una alternativa ventajosa. En este caso, la biomasa residual agrícola, a la que podría sumarse algo de biomasa residual ganadera, estaría de forma inmediata disponible para su uso, bajo la restricción de la estacionalidad.

En el caso de los RSU, es un tema complejo. La utilización del biogás generado en un relleno sanitario sería la opción más conveniente por el momento. Más adelante, podría pensarse en incorporar clasificación en origen del material, a fin de poder realizar un reciclado de algunos de ellos (plástico, papeles, latas, vidrio). Caso contrario, podría realizarse dicha clasificación en la misma planta, previo al vertido del rechazo y la fracción orgánica en el relleno sanitario. Para que los beneficios energéticos se perciban en la comunidad, se plantea la generación de electricidad como una de las opciones más factibles. Dado los costos implicados en tal sistema de manejo, y los bajos volúmenes de material generados en el municipio (ya que solo un 50% del tonelaje anual es orgánico), un emprendimiento regional (que abarque varios municipios) sería lo más conveniente, en la

medida que al igual que este municipio, en la mayoría de los municipios aledaños no existen sistemas adecuados de disposición, sino que los RSU se abandonan en basurales a cielo abierto o en lechos de ríos. La creación de un relleno sanitario regional, para generación de energía eléctrica volcada a la red local (electricidad desde un motor de combustión interna, por ejemplo) podría brindar beneficios ambientales importantes. La producción per cápita (kg/hab.día) es de 0,6 y la población que podría considerarse para este tipo de emprendimientos totaliza 110.000 habitantes (Valle), con lo que la generación de RSU sería de 24.100 toneladas anuales. Se estima que se podría cubrir la demanda eléctrica de cerca de 500 hogares al cabo del primer año de puesta en funcionamiento del relleno, hasta cerca de 2.000 hogares en el año 15 de funcionamiento. En un nuevo periodo de 15 años, se podría llegar a cubrir la demanda eléctrica de casi 2.600 hogares (para una eficiencia de conversión eléctrica de 30% y un 70% de valorización del biogás generado en el relleno).

A manera de resumen, las principales opciones de uso de los recursos de biomasa podrían ser.

- Utilización de residuos agrícolas (tabaco principalmente) para sustitución de combustibles fósiles y/o leña sin manejo, en los ciclos productivos -calor de proceso- mediante combustión en calderas o estufas eficientes.
- Manejo de arbustales y matorrales –especies del género Acacia, principalmente (que fueron estudiadas de manera particular)- para utilización de un porcentaje del crecimiento anual (incremento medio anual) con fines calóricos (calor para cocción y calefacción, mediante combustión en calderas o estufas eficientes).
- Residuos sólidos urbanos, dispuestos conjuntamente en un relleno sanitario regional, para generación de biogás por digestión anaeróbica y producción de electricidad local.

● PASO 4. Análisis de sustentabilidad

Otros criterios deberán considerarse al momento de toma de decisiones sobre el empleo de algún tipo de recurso de biomasa. Más allá de las consideraciones técnico-económicas y financieras que lógicamente definirán los detalles y alcances del proyecto, otros aspectos del territorio deberán evaluarse en un análisis de tipo participativo y multi-criterio similar al ya trabajado.

Solo considerando las dimensiones que definen el concepto de sustentabilidad derivado del Informe Brundtland (social, ambiental y económica) e incorporando la dimensión institucional, se han definido criterios para el caso de estudio. En la dimensión ambiental, se incluyeron por ejemplo, aspectos de manejo de recursos naturales e impacto de prácticas humanas. Indirectamente, se buscó evaluar el nivel de emisiones de GEI –principalmente CO₂- a partir del registro de utilización de combustibles fósiles. Por otra parte, se analizó la contaminación en diferentes fases (agua, suelo, aire, vegetación) como por ejemplo el impacto de basurales a cielo abierto en lechos de río, o la quema de residuos sólidos urbanos, impacto por fumigaciones y alteración de cadenas tróficas, generación de poblaciones resistentes a plaguicidas, entre otros. Se evaluó también el nivel de manejo de los residuos en la zona, la planificación y aplicación de estrategias de manejo de los recursos, como así el nivel de valoración del medio natural.

En el aspecto social, condiciones de vida y equidad, justicia social, aceptabilidad y apropiación pública de proyectos de bioenergía (medido como participación en proyectos de este tipo), fueron consideradas. En forma directa este último es notoriamente impactado cuando la gente muestra interés y disposición en participar de los proyectos propuestos. En los aspectos institucionales y organizativos, interesó conocer el nivel de participación local en la defensa de intereses privados o públicos, como así el nivel de organización y disposición a emprendimientos colectivos. Aspectos que permitirían lograr la continuidad de los proyectos fueron detectados a partir de la confianza en la dirigencia de turno, como así el involucramiento con sus proyectos políticos. Fortalezas y debilidades quedan resaltadas y permitirán trabajos integrales y líneas futuras para la mejora de la región. En el aspecto económico, los indicadores permitieron relevar el nivel de solvencia económica de los pobladores, su nivel de capitalización, el nivel de fortaleza de la economía rural, y la dependencia energética de combustibles fósiles a partir de la inversión que debe realizarse en cada ciclo productivo en este aspecto.

Para cada criterio se definió un indicador que permitiera cuantificarlo, y se observó si un aumento en el valor del indicador mejoraba (+) o empeoraba (-) la situación territorial (Manrique y Franco, 2013). En el caso de estudio, hay grandes desequilibrios entre cada una de las dimensiones y al interior de cada una de ellas, y en especial, la faceta ambiental es largamente postergada. El aporte de cada una de las dimensiones, se observa en la Figura 12, donde se destacan las variables más críticas de cada dimensión bajo análisis. En dicha figura, mientras menos superficie se encuentre cubierta y menos homogénea sea su distribución, más deficiente es el rendimiento del sistema en el criterio y su correspondiente indicador evaluado. Como puede observarse claramente, cualquiera de los indicadores utilizados en relación con el ambiente (A) muestra valores muy bajos, prácticamente denotando la inexistencia de prácticas de manejo racional de los recursos y de protección y valoración del medio físico. Es poco el nivel de conciencia ambiental, si bien pueden reconocerse algunos posibles daños al medio como consecuencia de las actividades humanas, no hay voluntad ni decisión en indagar soluciones posibles. En la dimensión social (S), pueden apreciarse grandes desigualdades distributivas, educacionales, de salud, que se convierten en carencias estructurales que deben ser salvadas en primera instancia. Si bien se observa un gran entusiasmo en la participación en proyectos de índole bioenergético, estos proyectos deben encararse con el fin de resolver demandas básicas.

Figura 12. Caracterización de sustentabilidad territorial e impacto de los sistemas bioenergéticos propuestos: situación actual (izquierda) y potencial (derecha).

En lo institucional-organizativo (I) deben reconocerse como fortalezas del sistema, las agrupaciones de los productores en los consorcios de riego, en las mutuales y cooperativas tabacaleras, en asociaciones de productores locales, que predisponen a la población a realizar esfuerzos mancomunados para alcanzar objetivos de su interés. En este caso, podría resultar de suma importancia en la viabilidad de los sistemas bioenergéticos a implementarse, aunque el nivel de confianza y comunicación con la dirigencia debe ser reforzado. En lo económico-productivo (E) se observa una fuerte dependencia de mecanismos de subsidios y financiamientos que podrían señalar una economía débil. Es muy bajo el nivel de capitalización local, hay altas discrepancias en los ingresos, deficiencias en las infraestructuras productivas y alta disconformidad social.

Se contempla la posibilidad de aprovechar diferentes fuentes de financiamiento disponibles, como Leyes de fomento específicas que otorguen una retribución por kwh de energía “verde” o renovable generada, o los mecanismos de mercado de carbono voluntarios o incluidos dentro de estrategias internacionales, donde pueden ofertarse las emisiones evitadas a la atmósfera de CO₂ y CH₄, por ejemplo, en forma de bonos de carbono (CER), entre otros. Con estos supuestos, se analizaron los posibles impactos de estos proyectos, sobre cada uno de los indicadores propuestos para evaluar el “nuevo nivel” de sustentabilidad del municipio. Los valores fueron recalculados, reflejando los cambios en los diagramas. Cabe reconocer que en muchos de los indicadores no se pueden observar impactos como consecuencia directa de estos proyectos, y que necesitarían otro tipo de medidas de fondo para poder ser revertidos o impactados.

Los análisis integrales propuestos, y su representación gráfica, permiten detectar rápidamente las falencias y los desequilibrios del sistema y por ende, apuntar hacia las dimensiones y variables que requieren implementar políticas e instrumentos correctivos en cada caso. Estas simulaciones podrán ser realizadas cada vez que los elementos contextuales cambien, observando su posible influencia a nivel territorial.

CONCLUSIONES

El estudio territorial de los recursos de biomasa y su potencial bioenergético, como así su incorporación dentro de un SSD como el propuesto en el Proyecto en curso, pueden coadyuvar a la conservación del capital natural, la disminución de emisiones de CO₂, el saneamiento ambiental, brindando un margen energético actualmente desaprovechado. Su aprovechamiento planificado y racional, impactaría en las tarifas energéticas de consumo de combustibles fósiles, con un nivel de ahorro económico, y podría contribuir a la solución de algunas demandas básicas no satisfechas: provisión continua de combustibles para cocción y calefacción, más hogares conectados a la red eléctrica, abastecimiento de sitios de bien público (escuelas, hospitales, salitas, etc.), entre otros. Medidas que integren uso de energía solar y de biomasa de manera combinada en aquellos sitios donde geográficamente ambos recursos estén disponibles, sin duda podrán lograr sistemas complementarios y con mayor impacto local.

Planeados y ejecutados correctamente, podrían implicar puestos de trabajo salubres y estables. A escala regional, la logística de aprovechamiento de la biomasa requiere de cierto nivel de organización y distribución de tareas, y la gestión necesita el respaldo de la

- INDEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). (2010). <http://www.Indec.Gov.Ar/Webcenso/Index.Asp>.
- IRENA (International Renewable Energy Agency). (2013). A Roadmap to 2030. Working paper.
- Manrique, S.M. (2016). **Biomasa con fines energéticos: recursos, potencialidad y cambio climático**. Ed. Universidad Tecnológica Nacional (edUTecNe). Buenos Aires. Argentina. ISBN 978-987-1896-41-7. 220 páginas.
- Manrique, S.M. y Franco, A.J. (2013). **Assessing the Sustainability of Bioenergy Systems**. In: Bioenergy Systems, Biological Sources and Environmental Impact. Series: Energy Science, Engineering and Technology. Editors: Michel C. Allard. Nova Science Publishers, Inc. Hauppauge, NY. ISBN 978-1-62417-331-8. Pages 1-40.
- REN21 (Renewable Energy Network for the 21st Century). (2016). Renewable global status report. Paris/Washington (DC): REN21/Worldwatch Institute.
- Manrique, S., Franco, J., Núñez, V., Seghezzi, L. (2009). 1º Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables, Universidad Nacional de Villa María, Córdoba. 11-13 Noviembre. **Alternativa bioenergética en el Valle de Lerma, Salta (Argentina)**. Trabajo presentado oralmente, con publicación de trabajo completo en CD- libro.
- SIMARCC (Sistema de Mapas de Riesgo de Cambio Climático) (2018). Dirección Nacional De Cambio Climático de la SAyDS. <http://devministerio.ecoclimasol.com/>.
- Yáñez, C., Paoli, H. P., Ledesma, F.; Diez, J. (2011). Evaluación de desempeño en el sistema hídrico del Río Toro en el Valle de Lerma. CONAGUA 2011. Resistencia, Chaco, Argentina. 22 al 25 de junio.