



FOTOGRAFIA: NATALIA GAMARRA

CAMBIO DE MATRIZ ENERGÉTICA Y BIOCOMBUSTIBLES (SEGUNDA PARTE)

JAIME GIANELLA

Economista. Gerente General de Monder S. A. C. y director del proyecto "Biocombustibles y fibra celulosa" de International Financial Corporation – Monder S. A. C.

ANTECEDENTES

En el Perú, la propuesta oficial para el cambio de la matriz energética se ha caracterizado por un marcado sesgo a favor del uso de gas natural (GN), tal opción ha sido aceptada sin mayor debate y con carácter prácticamente de exclusividad. Sin embargo, desde mediados del 2007, se observa el desarrollo de dos procesos relativos a fuentes de energía distintas del GN. Uno comprende la revaloración del potencial hidroenergético que el país dispone; el otro, la promoción para la explotación de fuentes alternativas de energía renovable (biocombustibles líquidos, eólica, solar y fotovoltaica, geotermia, biomasa). Esto último se ha expresado en dispositivos legales promulgados en el transcurso¹ del período 2007-2008.

A la fecha, luego de diversas labores de exploración, el Perú aún no cuenta con nuevas reservas probadas de GN, cuya magnitud permita atender en el largo plazo una creciente demanda interna por dicho combustible. Esto viene generando una situación de relativo racionamiento respecto de expectativas de consumo de GN. La perspectiva de una oferta no suficiente de GN para el consumo interno tiende a agudizarse porque se mantiene sin alterar el «blindaje» de los contratos concedidos para la exportación de GN. El volumen de GN que se destinará al mercado externo representa alrededor del 40% de las reservas probadas.

Carecer de nuevas reservas probadas de GN y la limitación para reorientar el destino de parte del volumen de GN asignado para fines de exportación, constituyen factores que restringirán el crecimiento de sectores de la actividad productiva. La generación de electricidad, industria primaria y secundaria (básicamente la sustitución de diesel y petróleo industrial por GN) y la petroquímica, son las que afrontarán mayor limitación para crecer mediante el uso de GN. Dado el volumen marginal que significa el consumo residencial y vehicular de GN, dicho consumo podrá expandirse sin restricciones.

1 Ley de Concesiones Eléctricas (LCE). D. L. 25844 (1992-11-19). Ley para Asegurar el Desarrollo Eficiente de la Generación Eléctrica (LGE). Ley 28832 (2006-23-07). Ley que establece el Régimen Especial de Recuperación Anticipada del Impuesto General a las Ventas. D. L. 973 (2007-03). Ley para Promover las Inversiones en Proyectos Hidroeléctricos y Energías Renovables. D. L. 1058 (2008-06-28). Reglamento de Cogeneración. D. S. 037-2006-EM (2006-07-07). Ley para Promover la Generación de Electricidad con Energía Renovables. D. L. 1002 (2008-05-02). Reglamento de la Generación de Electricidad con Energías Renovables. D. S. 050-2008-EM (2008-10-02).

Lo descrito amerita la revisión de la viabilidad de proyecciones relativas al suministro de energía, según fuentes elaboradas en función de metas de masificación del uso de GN y el supuesto de constatación de significativas nuevas reservas de este. De ello deben surgir propuestas para la explotación de fuentes alternativas, como es el caso de la «biomasa residuos agrícolas».

RECURSOS PARA ELECTRICIDAD Y PETROQUÍMICA

Independientemente de las acciones que el gobierno y/o instancias de la sociedad civil lleven a cabo para revisar y reestructurar los contratos concedidos para la explotación del GN, se requieren claras decisiones políticas para superar la limitación que implica el volumen de GN factible de suministrarse en función al actual nivel de reservas probadas.

En este documento se examina la posibilidad del uso eficiente de los residuos agrícolas para energía-electricidad, lo cual permitiría sustituir parte del GN que se prevé destinar al sector eléctrico. El volumen «liberado» de GN se podría utilizar para ampliar la capacidad proyectada de la actividad petroquímica.

No contar con una industria petroquímica de mayor escala dada la disponibilidad actual de GN, determinará un menor valor agregado en el uso de un recurso no renovable por razón de su empleo mayoritario en electricidad y para la exportación. A la vez, ello impedirá que el país no cuente con autonomía para el abastecimiento de importantes insumos para la agricultura e industria.

El Perú es altamente dependiente de fertilizantes, condición que afecta la productividad agrícola. Esta situación cobra mayor relevancia frente a los tratados de libre comercio que el Perú ha suscrito y viene gestionando. Disponer de fertilizantes en forma oportuna y precio adecuado, permitirían ampliar márgenes para la seguridad alimentaria y preservar el empleo e ingreso rural frente al abastecimiento externo, generalmente basado en producción subsidiada.

BIOMASA RESIDUOS AGRÍCOLAS PARA ELECTRICIDAD

En el artículo «Cambio de matriz energética y biocombustibles», publicado en *Coyuntura*, n.º 21, se describió la disponibilidad nominal de residuos agrícolas en la costa del Perú y se evaluó la posibilidad de su uso como

fuerza de energía primaria comercial. En esta oportunidad, se examina la opción para que una proporción del volumen anual de dichos residuos se destine a la generación y suministro de electricidad bajo condiciones de mercado.

Es razonable suponer que en el Perú la hidroenergía continuará siendo la principal fuente de suministro de electricidad comercial. Las fuentes de energía renovable que pueden utilizarse para electricidad, distintas a la hidroenergía, no se consideran en concordancia con su potencial como fuente de energía primaria. En el Balance Nacional de Energía (BNE) se registran algunas de ellas, las cuales se clasifican como fuente de «energía no comercial». A excepción del bagazo de la caña de azúcar, los demás residuos agrícolas no se contabilizan.

Complementario al suministro eléctrico que provean nuevas inversiones en hidroeléctricas, la posibilidad para la generación de electricidad mediante biomasa residuos agrícolas, constituye una opción técnica y económicamente viable.

La energía primaria contenida en el volumen anual promedio 2000-2007 de residuos de cuatro cultivos en la costa del Perú se estimó en 69.880 Tera Joule (TJ). Este valor permitiría, nominalmente, operar una potencia de 830 megavattios eléctricos (MWe) durante un período de 7.000 horas/año y sobre la base de eficiencia termoeléctrica de 0,30. Se considera factible duplicar en un plazo de seis años dicho aporte nominal de energía primaria, para el 2012 podría alcanzarse alrededor de 110.000 TJ y 135.000 TJ en el 2016.²

Se propone un conjunto de acciones, basadas en la aplicación de tecnologías disponibles en el mercado, para mejorar la rentabilidad de la agricultura e incrementar la oferta de energía primaria comercial de origen agrícola. La propuesta comprende dos objetivos centrales: incorporar tecnología para la conversión primaria de la biomasa aérea de un conjunto de cultivos y modificar la cédula de cultivo en zonas de la Costa norte.

Los cultivos considerados son caña de azúcar, sorgo dulce, maíz, arroz y algodón. Con relación a su uso para energía respecto de los dos primeros, se prevé cosechar toda la biomasa aérea. Del maíz se debe recuperar el tallo y hojas luego de la cosecha del grano/mazorca; del arroz, la cáscara y una determina proporción del tallo; del algodón, el tallo. La modificación de la cédula de cultivo implicaría sustituir áreas de arroz por sorgo dulce.

2 Tera Joule (TJ) = 24 ton equivalentes de petróleo (TEP) = 172,8 barriles de petróleo (bbp) = 7.257,6 galones = 278 MWt.

Las premisas consideradas para lograr la meta indicada son:

- Producción de 10,5 MM ton/año de caña de azúcar (total biomasa aérea) en 2012 y 13,1 MM ton/año en 2015.
- Cosecha del 100% de la caña de azúcar sin quemar.
- Sustitución de 20.000 ha de arroz por sorgo dulce.
- Producción de 6 MM ton/año de sorgo dulce (total biomasa aérea).
- Instalar sistemas de riego presurizado (goteo) para el cultivo de maíz y algodón.
- 50% del área promedio anual que durante el período 2000-2007 se dedicó al maíz se destinaría para algodón en el segundo semestre del año agrícola (aproximadamente 30.000 ha).
- 100% del área promedio anual que durante el período 2000-2007 dedicó al algodón en Piura y Lambayeque se destinaría para maíz en el segundo semestre del año agrícola (aproximadamente 20.500 ha).
- Desarrollo de 23.000 nuevas ha para maíz y/o algodón que en función a la disponibilidad de agua (160 MM m³/año) producto de la sustitución de 20.000 ha de arroz e instalación de riego presurizado (3.500 m³ campaña), permitiría dos campañas/cosechas por año, lo cual equivale a 46.000 ha/año.
- Cosecha de 115.000 ha de algodón en 2012 y 150.000 ha en 2015. algodón.
- Cosecha de 160.000 ha de maíz amarillo duro en 2012 y 185.000 ha en 2015.
- Rendimiento promedio de arroz cáscara 9,5 ton/ha (20% del peso del arroz cáscara corresponde a la cáscara, la cantidad/peso del tallo es similar a la producción de arroz cáscara/ha).

El rendimiento proyectado para cada cultivo se sustenta en experiencias registradas en el Perú y en la posibilidad para aplicar nuevas tecnologías en materia de genética, manejo agronómico y logística de campo. Las cifras del Cuadro 1 expresan valores de crecimiento que en algunos casos es probable que se alcancen antes de los años fijados en la proyección.

GAS NATURAL

De acuerdo con las proyecciones realizadas por el Ministerio de Energía y Minas (MINEM) en su «Plan referencial de hidrocarburos 2008-2027», publicado el 2007 en Lima y hoy en proceso de revisión, se estimó que al 2027 la exportación más el consumo interno acumulado (demanda escenario hidrotérmico) de GN alcanzaría 10,31 TCP (Trillion Cubic Feet en inglés; en español billones p3), cuya composición según actividad/destino sería:

Proyecto de Exportación(Perú LNG)	4,20
Eléctrico	3,25
Industria	1,10
Petroquímica	1,46
Residencial	0,10
Vehicular	0,20
Total	10,31

CUADRO 1
PERÚ, REGIÓN COSTA: PRINCIPALES CULTIVOS SEGÚN PROMEDIO ANUAL DE ÁREA
COSECHADA Y PRODUCCIÓN PERÍODO 2000-2007 Y PROYECCIÓN AL 2012-2015

	PROMEDIO ANUAL 2000-2007		PROYECCIÓN 2012		PROYECCIÓN 2015	
	SUPERFICIE COSECHADA (M HA)	PRODUCCIÓN (M TON)	SUPERFICIE COSECHADA (M HA)	PRODUCCIÓN (M TON)	SUPERFICIE COSECHADA (M HA)	PRODUCCIÓN (M TON)
CAÑA DE AZÚCAR (TALLO)	68	7.750	84	10.500	101	13.090
SORGO DULCE (TALLO)	N.A.	N.A.	12	3.250	20	5.200
ALGODÓN (BROZA)	71	132	115	1.150	150	1.500
ARROZ CÁSCARA	146	1.235	201	1.813	196	1.863
MAÍZ AMARILLO DURO	150	771	160	1.025	185	1.334

Fuente: Dirección de Estadística, Ministerio de Agricultura

1. Elaboración: MONDER S.A.C.
2. * No incluye proyección de la producción de nuevos proyectos de etanol caña, en proceso de desarrollo y por iniciarse, propuestos para implementarse en la Costa norte del Perú.

CUADRO 2
ENERGÍA PRIMARIA POTENCIAL A PARTIR DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN LA REGIÓN DE
LA COSTA DEL PERÚ 2007 Y PROYECCIÓN AL 2012 Y 2015 (MTJ)

BIOMASA RESIDUAL		PROMEDIO 2000 - 2007	2012	2015	DIFERENCIA 2007 - 2015
CAÑA DE AZÚCAR	FOLLAJE 1/	17,38	24,09	30,06	12,68
	BAGAZO INTEGRAL 2/	15,31	21,22	26,48	11,17
	MÉDULA 3/	6,12	8,49	10,59	4,47
SORGO AZUCARADO	FOLLAJE 1/	N.A	5,09	8,14	8,14
	BAGAZO INTEGRAL 2/	N.A	6,57	10,52	10,52
	MÉDULA 3/	N.A	2,63	4,21	4,21
ALGODÓN	BROZA 4/	13,24	20,84	27,19	13,95
ARROZ	CÁSCARA 5/ +TALLO 6/	14,63	14,86	14,91	0,28
MAÍZ A. DURO	TALLO 7/	11,27	15,88	18,36	7,09
TOTAL	A*	71,83	108,54	135,65	63,83
	B**	62,65	91,87	113,46	50,82

A* Comprende follaje + bagazo integral (no incluye médula)

B** Comprende follaje + médula (no incluye bagazo integral)

1. Corresponde al 13,2% del volúmen de caña cosechada y equivalencia de 106 galones de petróleo por ton de follaje en base seca.
2. Corresponde al 25% del volúmen de caña cosechada sin quemar y equivalencia de 56 galones de petróleo por ton de bagazo integral base húmeda.
3. Corresponde al 40% de la fracción bagazo integral base húmeda y equivalencia de 56 galones de petróleo por ton de médula base húmeda.
4. Corresponde al 10 ton de rastrojo/ha y equivalencia de 1 galón de petróleo por 8 kg. de rastrojo en base seca.
5. Corresponde al 20% de volúmen de arroz cáscara cosechado y equivalencia de 108 galones de petróleo por ton de cáscara de arroz base seca.

6. Corresponde al 50% del peso del tallo de arroz cosechado (peso arroz cáscara = peso tallo) y equivalencia de 81,6 galones de petróleo por ton de tallo base seca.
7. Corresponde al 30% del volúmen del residuo tallo de maíz cosechado y equivalencia de 45 galones de petróleo por ton de rastrojo de maíz.

Fuente: Dirección de Estadística, Ministerio de Agricultura.

Elaboración: MONDER S.A.C.

Proyecto GEF - IFC - Monder "Obtención de biocombustibles y fibra celulosa a partir de residuos agrícolas y forestales".
Salixphere-Monder, "Elaboración de Campo-Composición de la Biomasa Cañera del Valle del Chancay, Lambayeque, Perú".

CUADRO 3
DEMANDA DE GAS PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA 2007-2016
(ESCENARIO HIDROTÉRMICO)

	AÑOS									
	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
MMPCD 1/	149,7	171,8	187,6	187,2	232,4	268,6	293,8	317,1	340,0	385,4
MMPCA 2/	54.640	62.707	68.474	68.328	84.826	98.039	107.237	115.741	124.100	140.671
MTJ AÑO 3/	53.556	61.463	67.116	66.973	83.144	96.095	105.110	113.446	121.639	137.881

Fuente: Ministerio de Energía y Minas. «Plan referencial de hidrocarburos 2007-2016». Lima, 2007.

Notas:

1/ millones de pies³ día
2/ millones de pies³ año
3/ miles de TJ año

La reserva probada de GN de los campos de Camisea y Pagoreni (Camisea II) es de 321,42 miles de millones de m³, volumen equivalente a 11,3 TCP. El total nacional al 2008 se estimó en 15,95 TCP, incluye los campos del noroeste 0,49 TCP, Selva central 0,21 TCP y Lote 57 de la Selva sur 2,0 TCP. De acuerdo con las cifras descritas en el 2027 se dispondría de un remante de 5,1 TCP de GN.

POSIBILIDAD PARA EL USO COMPLEMENTARIO DE RESIDUOS AGRÍCOLAS Y DE GAS NATURAL

Las cifras del Cuadro 2 muestran la cantidad de energía primaria, medida en TJ/año, que se estima se podría disponer a partir de residuos agrícolas de cultivos en

la costa del Perú. El Cuadro 3 contiene los valores de energía primaria en TJ/año que representa el volumen de GN proyectado para su uso en la generación de electricidad.

Se observa que para el 2012, la energía primaria de los residuos agrícolas considerados alcanzaría un valor entre 108.540 TJ - 91.870 TJ y para el 2015 entre 135.650 TJ - 113.460 TJ, según la opción para el aprovechamiento de los residuos de la caña de azúcar y del sorgo dulce que se escoja (véanse las notas del Cuadro 2).

El volumen de GN proyectado para electricidad, de acuerdo con el escenario hidrotérmico, representa en términos de energía primaria 96.095 TJ para el 2012 y 121.639 en el 2015.

De las cifras descritas, se concluye que la cantidad de energía primaria que se podría obtener de los residuos agrícolas sería superior a la que se aportaría en el volumen de GN para electricidad en el escenario hidrotérmico. Ello, desde el punto de vista de disponibilidad de fuente energética, sustenta la posibilidad para reemplazar el uso de GN por biomasa en la generación de electricidad.

Cabe señalar que con relación al escenario térmico, en el 2012 el aporte de energía de los residuos (108.540 TJ) sería superior respecto del GN (104.400 TJ). Esta condición variaría en el 2015, el aporte de los residuos (135.650 TJ) se estima inferior en 12% al del GN (154.400 TJ) destinado para electricidad.

A continuación, se plantea de manera abreviada la explicación de la propuesta para sustituir el GN por biomasa-residuos agrícolas en la generación de electricidad y la posibilidad para incrementar la actividad en petroquímica.

Las principales consideraciones y variables son:

- El volumen de reservas probadas de GN de los campos de Camisea y Pagoreni (Camisea II) es de 321,42 miles de millones de m^3 (11,3 billones de p^3).
- La proyección del uso de GN al 2016 alcanza a 14.868,8 $MM m^3$. Según el sector económico, el consumo esperado es: *exportación 6.462,5 $MM m^3$ (43,5%), generación eléctrica 3.985 $MM m^3$ (26,8%), uso industrial 3.996,4 $MM m^3$ (26,9%)*. El consumo vehicular y doméstico-comercial representa solo el 2,8%.

- De no ocurrir hallazgos significativos de nuevas reservas de GN, la proyección de su asignación por actividad económica permanecería estable. Ello implica que el uso industrial de GN, especialmente en lo que concierne a petroquímica, no podría ampliarse por limitaciones de suministro.
- Del total de GN asignado para uso industrial, alrededor de 150 MMPCD = 54.750 MMPC/año = 1.551 $MM m^3/año$ = 53.664,3 TJ/año se destinará para la actividad petroquímica.
- Se considera viable incrementar 100% la asignación de GN para petroquímica si se sustituye parte (aprox. 30% - 40%) de la generación eléctrica proyectada sobre la base de GN por generación mediante biocombustibles residuos agrícolas. ■

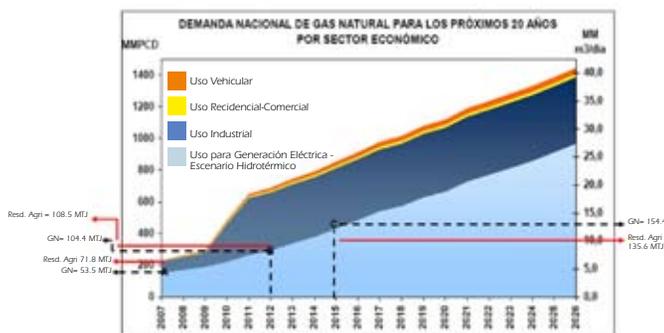


FOTOGRAFÍA: C.L.A. CRUZ



FOTOGRAFÍAS: LUIS CUEVA

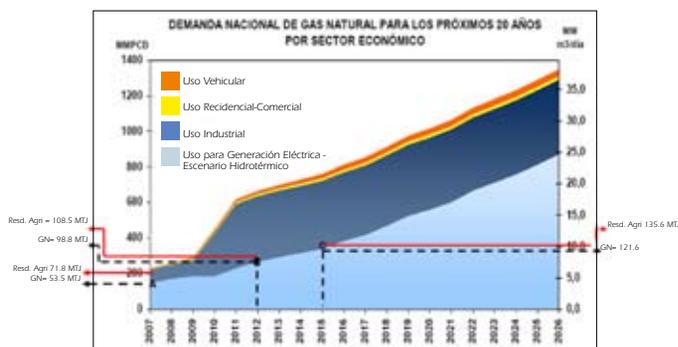
GRÁFICO 1
RELACIÓN GAS NATURAL - RESIDUOS AGRÍCOLAS
PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA
2007 - 2015
ESCENARIO TÉRMICO



Fuente: MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. «Plan referencial de hidrocarburos 2007-2016». Lima, 2007.

- La posibilidad para sustituir GN por residuos agrícolas se sustenta en:
 - GN/año asignado para petroquímica = 1.551 MM m³/año = 53.664,3 TJ/año
 - GN asignado para generación eléctrica = 3.985 MM m³/año = 137.881 TJ/año
 - Energía primaria contenida en el volumen (proyectado) de residuos agrícolas en la costa del Perú al 2015 = 113.500 TJ/año (opción que no considera el uso energético el bagazo integral de la caña de azúcar).
- Energía primaria contenida en el 50% del volumen (proyectado) de residuos agrícolas en 2015 = 113.600 TJ x 0,50 = 56.800 TJ. El uso de esta energía primaria para electricidad permitiría sustituir GN.
- 56.800 TJ de GN = 1.641,6 MM m³ = 1608,8 MM³/día, volumen que se podría suministrar para fines de petroquímica.
- Generar electricidad con «biocombustibles residuos agrícolas», bajo condiciones de 0,80 de factor de carga, 0,30 de eficiencia termoeléctrica y adecuada tecnología de acopio, permite costos por kW/h inferiores a lo previsto para la generación con GN. Lograr menor costo de generación significa la posibilidad para reducir el costo promedio de la energía que se distribuye vía el Sistema Eléctrico Interconectado Nacional (SEIN).
- Generar electricidad con biocombustibles residuos agrícolas permite acceder a centros de energías renovables (CER).

GRÁFICO 2
RELACIÓN GAS NATURAL - RESIDUOS AGRÍCOLAS
PARA GENERACIÓN ELÉCTRICA
2007-2015
ESCENARIO HIDROTÉRMICO



Fuente: Ministerio de Energía y Minas. «Plan referencial de hidrocarburos 2007-2016». Lima, 2007

- Para calcular la reducción de GEI, expresada en ton de CO₂ eq, por razón de la electricidad de fuente renovable/limpia que se suministre a la red, se relaciona el factor de emisión (FE) del SEIN con la cantidad de MWh/año que se proyecta proveer.
 - 56.730 TJ de energía primaria (contenida en el 50% de residuos agrícolas proyectados al 2015), permite operar 670 Mwe de potencia x 7.000 hora/año = 4,73 MM de MWe/año (factor de carga 0,80 y eficiencia termoeléctrica de 0,30).
 - El FE del SEIN (preliminar, en revisión) calculado por FONAM-JICA se estima en 0,5420 tCO₂ eq /MWh.
 - Por lo tanto: 0,5420 tCO₂ eq /MWh * 4,732,950 MWh = 2,56 MM tCO₂eq
 - La venta de 2,56 MM de CERs a US\$ 15 = US\$ 38,47 MM/año.
- El ingreso anual de US\$ 38,47 MM permitiría financiar la instalación de sistemas de riego presurizado en 10.000-12.000 ha /año (US\$ 2.500/ha - US\$ 3.000/ha).
- Es usual que los contratos para la compra/venta de CERs abarquen diez años. El ingreso de ello permitiría invertir en tecnificar el riego en 100,00- 120,000 ha. Dicha área equivale a la extensión, con sistemas de riego presurizado, requerida para la producción agrícola que provea la energía primaria propuesta en esta exposición como meta al 2012 y 2015.