

PETCOKE COMO FUENTE DE ENERGÍA

Amenaza Potencial para el Sector Agrícola y Forestal

Guillermo Donoso H.
E mail: gdonosoh@puc.cl
José Cancino V.
E mail: jcancino@puc.cl
Departamento de Economía Agraria

A nivel nacional el carbón ha sido ampliamente utilizado como fuente de energía por diversas industrias. Es así como, según estadísticas recientes de la Comisión Nacional de Energía, ha alcanzado niveles de consumo del orden de 6.300.000 toneladas anuales, destinándose principalmente para la generación de electricidad. De hecho se estima que el 80% del carbón es quemado por generadores de electricidad, mientras que el 20% restante es utilizado en la elaboración de cemento, azúcar, leche y otros alimentos,

además del procesamiento del recurso pesca por industrias ubicadas principalmente entre la III y X Regiones (Cuadro 1).

Adicionalmente, se debe mencionar que el carbón utilizado en Chile es mayoritariamente importado y, conforme a los estándares ambientales internacionales, contiene un bajo contenido de azufre siendo éste, en general, menos del 1,5%.

Por otro lado, actualmente existen proyectos que plantean utilizar como fuente de energía, o en otras palabras como combustible combinado con carbón, un subproducto del proceso de refinación del petróleo comúnmente denominado coque de petróleo o “petcoke combustible”, en proporciones que varían entre un 25%

y un 50% en la mezcla petcoke-carbón. Sin embargo, estos proyectos no consideran efectuar las inversiones necesarias en equipos ni incurrir en los correspondientes gastos de abatimiento a fin de minimizar los impactos sobre el medioambiente y diversas actividades productivas.

Al respecto cabe precisar que si bien en otros países se acepta que el petcoke, combinado en bajo porcentaje con carbón, sea utilizado como fuente de energía, su uso queda regulado por estrictas normas de emisión de contaminantes y, por tanto, resulta necesaria la inversión en equipos de control y abatimiento adicionales a los empleados para controlar las emisiones generadas durante el proceso de combustión del carbón sin petcoke.

Cuadro 1
Industrias que utilizan carbón en su proceso productivo

Región	Lugar	Compañía	Tipo de Industria	Región	Lugar	Compañía	Tipo de Industria
I	Punta Patache	Celta	Termoeléctrica	VII	Curicó	Iansa	Azucarera
I	Tocopilla	Norgener	Termoeléctrica	VIII	Talca	Hospital	Servicio de Salud
	Tocopilla	Electroandina	Termoeléctrica		Talca	Curtiembre	Curtiembre
	Tocopilla	Eperva	Pesquera		Linares	Iansa	Azucarera
	Mejillones	Edelnor	Termoeléctrica		Ñuble	Iansa	Azucarera
	La Negra	Inacesa	Cementera	Tomé	Camanchaca	Pesquera	
III	Huasco	Guacolda	Termoeléctrica		Talcahuano	CAP	Hierro
	Huasco	Endesa	Termoeléctrica		Talcahuano	Guanaye	Pesquera
	Huasco	CMP	Hierro		Talcahuano	Bío-Bío	Cementera
IV	Coquimbo	Coloso	Pesquera		Talcahuano	Camanchaca	Pesquera
	Coquimbo	Firestone	Neumáticos		Chiguayante	Machasa	Textil
	Coquimbo	Manganesos Atacama	Minería		Coronel	Endesa	Termoeléctrica
V	Ventanas	Gener	Termoeléctrica		Coronel	Guanaye	Pesquera
	Laguna Verde	Gener	Termoeléctrica		Coronel	Nacional	Pesquera
	La Calera	Melón	Cementera		Coronel	Coloso	Pesquera
RM	Santiago	Polpaico	Cementera		Los Angeles	Iansa	Azucarera
VI	Graneros	Nestlé	Alimentos	X	Rupanco	Iansa	Azucarera
	Malloa	Malloa	Alimentos		Osorno	Nestlé	Lechera
	San Fernando	Nestlé	Alimentos		Llanquihue	Nestlé	Lechera

Debido a lo anterior, en los sectores agrícola y forestal surge una natural preocupación ante la probable autorización de alguna de las propuestas que consideran el uso de petcoke sin adoptar las correspondientes medidas abatimiento de emisiones. Esto, radica en el potencial impacto negativo sobre la actividad productiva cercana a las instalaciones que incorporen petcoke en su proceso productivo, debido al incremento en el nivel de emisiones de material particulado (PM₁₀), de anhídrido sulfuroso (SO₂), y de metales pesados como vanadio (V) y níquel (Ni), además de la posibilidad que se genere lluvia ácida, producto de la formación de ácido sulfúrico (H₂SO₄) en la atmósfera.

De esta forma, este artículo analiza los impactos ambientales potenciales asociados al uso del petcoke como fuente de energía, cuando no se considera la incorporación de tecnologías de abatimiento de las emisiones, y los efectos de estos impactos sobre los sectores agrícola y forestal. Con este fin, se revisan las características que posee el petcoke. Seguidamente, se analizan sus impactos ambientales y productivos. Por último, se presentan las consideraciones finales.

Características del petcoke

Como se dijo anteriormente el petcoke es un subproducto del proceso de refinamiento del petróleo. En términos administrativos, la Norma Chilena Oficial NCh59.Of94, referente a productos derivados del petróleo, lo define como un producto sólido y negruzco, constituido principalmente por carbón, y que la mayoría de las veces se genera mediante craqueo térmico. A su vez, la norma americana ASTM D-121 lo define como un sólido derivado de la descomposición térmica del carbón, petróleo u otros materiales. Por tanto, el petcoke corresponde a un combustible obtenido durante la refinación del petróleo y no a un residuo sólido peligroso como han planteado algunos sectores.

En términos de su composición química, el petcoke se caracteriza por un alto contenido de carbono y uno

variable de azufre, que oscila entre 2 y 7%, y un elevado nivel de metales pesados (Ni, V). Adicionalmente posee un alto poder calórico, que explica el amplio uso de este subproducto en la generación de calor en algunas termoeléctricas y otras industrias a carbón, con porcentajes de mezcla inferiores al 20% e importantes restricciones de control ambiental.

Desde un punto de vista técnico y según el contenido de impurezas, el petcoke puede ser clasificado en tres categorías. La primera corresponde al petcoke de grado electrodo grafito o coke aguja, la segunda la constituye el petcoke de grado ánodo para aluminio o coke esponja, mientras que la tercera la conforma el petcoke de grado combustible. En el Cuadro 2 se presenta el contenido de azufre, vanadio y níquel de estas tres categorías de petcoke.

Al observar las cifras presentadas en el Cuadro 2 es posible derivar que al emplear el petcoke grado combustible, debido a su alto contenido de elementos contaminantes restringidos a nivel internacional, resulta necesario incorporar en el proceso productivo equipos e insumos adicionales a fin de abatir y controlar las emisiones de es-

tos contaminantes, particularmente dióxidos (SO₂) y trióxidos de azufre (SO₃). Además, debido a la existencia de restricciones ambientales a su uso y los requerimientos de inversiones relevantes para el abatimiento de emisiones, el precio del petcoke de grado combustible es significativamente menor al del carbón, siendo este último del orden de los 28 US\$/ton FOB. En el Cuadro 3 se presentan los precios promedio de las tres categorías de petcoke.

Es así que, los elevados contenidos de azufre y metales pesados hacen que el uso del petcoke, en los términos referidos, en el mediano y largo plazo puede provocar daños sobre las actividades agrícolas y forestales de las distintas regiones en donde se ubiquen los potenciales productores y/o demandantes de esta fuente de energía.

Potenciales impactos asociados al uso del petcoke

La experiencia internacional muestra que al utilizar petcoke de grado combustible y generar su combustión en calderas diseñadas original-

Cuadro 2
Contenido de azufre y metales pesados

Categoría	Contenido		
	Azufre (%)	Vanadio (ppm)	Níquel (ppm)
Grado aguja	1	10	20 - 40
Grado ánodo	2,5	150	150
Grado combustible	4 - 7	400 - 1300	120 - 350

Fuente: Elaboración propia en base a estudios previos e información de la industria

Cuadro 3
Precios promedio de las distintas categorías de petcoke

Categoría	Precio (US\$/ton FOB USA)
Grado aguja	30 - 40
Grado ánodo	20 - 30
Grado combustible	1 - 4

Fuente: Elaboración propia en base a estudios previos e información de la industria

Cuadro 4
Efectos del SO₂ en especies vegetales

Efectos		
Agudos	Crónicos	Sutiles
Lesiones necróticas en el follaje del año	Producen manchas cloróticas en el follaje, que a veces se desarrollan hasta la necrosis. En coníferas perennes, los daños se observan usualmente en follaje de más de un año	Pueden medirse efectos en procesos fisiológicos y bioquímicos (actividad y composición química de enzimas, fotosíntesis, respiración y transpiración), en la elongación de los tubos de polen o en la germinación del polen
Las lesiones foliares aparecen en un período que va desde horas a días después de la exposición	El daño foliar se desarrolla en forma lenta y en un largo período de tiempo	
Pueden causar la pérdida del follaje dañado	En coníferas perennes normalmente causa la pérdida prematura del follaje más antiguo afectado	
Pueden causar reducción del crecimiento y pérdidas de rendimiento	Pueden causar reducción del crecimiento y pérdidas de rendimiento	Pueden causar reducción del crecimiento y pérdidas de rendimiento
Rara vez producen la muerte de la planta, excepto que la exposición a altas concentraciones sea recurrente	Pueden causar mortalidad en las plantas, producto de daños de lento desarrollo, particularmente en coníferas perennes y líquenes	No producen mortalidad de las plantas

Fuente: Linzon, S. 1978. Effects of airborne sulfur pollutants on plants. In: Sulfur in the Environment, Part II: Ecological Impacts. Nriagu, J. editor. 482 páginas.

mente para quemar carbón, sin invertir en tecnologías de abatimiento, se producen diversos impactos técnicos y ambientales vinculados con el incremento en el nivel de emisión de PM₁₀, SO₂, SO₃ y de metales pesados.

Impactos ambientales

Desde una perspectiva técnica, está demostrado que al incorporar petcoke en mezcla con carbón se reduce la eficiencia de las chimeneas para carbón que utilizan precipitadores electrostáticos para controlar las emisiones de material particulado.

Diversos estudios han mostrado que al incorporar petcoke de grado combustible en mezcla con carbón, se produce un aumento en la conductividad del hollín, reduciéndose la eficiencia de los precipitadores electrostáticos desde un 98% a un 90%, lo que genera significativos incrementos en el nivel de emisión de material particulado.

A su vez, como el petcoke de grado combustible contiene una ma-

yor cantidad de azufre en relación con el carbón, su combustión provoca un aumento en las emisiones atmosféricas de azufre, especialmente de SO₂ y SO₃.

Adicionalmente, según antecedentes de estudios previos, el elevado contenido de vanadio en el petcoke ocasiona que, ante un mismo balance de azufre se presenta una mayor emisión de SO₃, lo que generaría mayores impactos producto de la mayor probabilidad de ocurrencia del fenómeno de la lluvia ácida.

Impactos sobre la actividad agrícola y forestal

El nivel de daño provocado por la contaminación aérea sobre las especies agrícolas y forestales está en función de la dosis de contaminante, de la especie y variedad, de factores biológicos, climáticos, edáficos y de producción entre otros. Así por ejemplo, aquellas prácticas culturales que mejoran las condiciones de crecimiento y que reducen el nivel de estrés de las plantas, como la irrigación, pueden

alterar la respuesta de los cultivos a la contaminación aérea. De este modo, la interacción de estas variables, hace que la cuantificación de las pérdidas en los rendimientos de las especies agrícolas y forestales, especialmente en grandes áreas, sea poco certera.

A su vez, la literatura relacionada con el efecto de diversos contaminantes aéreos sobre los cultivos se centra principalmente en el efecto directo de tres contaminantes: ozono (O₃), dióxido nitroso (NO₂) y dióxido sulfuroso. Respecto del impacto de estos contaminantes, diversos estudios coinciden en señalar que el primero es el contaminante aéreo más fitotóxico en el mundo, mientras para el segundo los antecedentes disponibles indican que sus efectos son poco importantes para la agricultura y, más aún, bajo ciertas condiciones puede incluso aumentar la productividad agrícola dado que es un importante nutriente vegetal.

En relación a los efectos de la contaminación por partículas sobre la producción agrícola, principalmente por disminución de la intensidad de

exposición de las hojas a la luz solar, la información bibliográfica es escasa y, en opinión de expertos, debido a la tasa de recambio de hojas y a la condición de saturación lumínica de las hojas expuestas a este tipo de contaminación, es poco probable que se puedan atribuir efectos significativos sobre las especies agrícolas y forestales.

Por su parte, el dióxido sulfuroso, uno de los principales contaminantes generados durante la combustión del petcoke, incrementaría la concentración foliar de azufre ocasionando daños visibles y ocultos en las plantas.

La primera evidencia visible del daño que ocasiona el SO_2 se aprecia en el follaje (Cuadro 4). En la medida que este contaminante ingresa a las hojas, principalmente a través de los estomas, provoca daños ocultos que se refieren a cambios fisiológicos y bioquímicos, que alteran los procesos metabólicos que se desarrollan en las células y generan un daño agudo cuando ocurre una rápida acumulación de sulfitos y bisulfitos. Estos compuestos químicos presentan una elevada afinidad para combinarse con el oxígeno y, en última instancia, provocan la necrosis del tejido vegetal, cuya evidencia física se manifiesta entre 24 horas y un año después, dependiendo del nivel de concentración de SO_2 en el aire.

Los daños que genera el SO_2 en las plantas pueden agruparse en efectos agudos, crónicos y sutiles. Los efectos agudos se producen en respuesta a la exposición de las especies vegetales a altas concentraciones de SO_2 durante períodos cortos (menos de 24 horas), los efectos crónicos se presentan producto de la exposición a concentraciones variables de SO_2 durante largos períodos de tiempo, mientras que los efectos sutiles se observan sobre especies que se han expuesto por períodos cortos a concentraciones variables del contaminante.

Como resultado de los daños señalados se producen disminuciones o pérdidas de rendimiento, retardos en el ritmo de crecimiento y mortalidad de plantas. Un resumen de este tipo de consecuencias se presenta en el Cuadro 4.

Con respecto a los efectos de otras formas de contaminación en la agricultura, es posible mencionar el efecto de la lluvia ácida. Las especies agrícolas y forestales pueden evidenciar impactos negativos ante la presencia de este efecto, ya sea en el follaje o bajo tierra (efectos directos), y por cambios en la composición química del suelo (efectos indirectos).

No obstante, los antecedentes bibliográficos indican que, si bien en ciertas condiciones pueden existir efectos adversos sobre la agricultura, en general este fenómeno no está entre las principales causas de daño en el sector agrícola. De hecho los estudios disponibles indican que no existe evidencia sobre efectos adversos de la precipitación ácida en la mayoría de los suelos agrícolas europeos por el uso común de óxidos de calcio dentro de las prácticas de fertilización.

En el caso particular de la mayor parte de los suelos chilenos, excepto en la zona sur, este tipo de contaminación no debiera tener mayores efectos puesto que por condiciones naturales los suelos tienen un alto contenido de iones básicos y, además, muchos de ellos son regados con aguas que presentan carbonato de calcio (CaCO_3), lo que contrarrestaría cualquier tendencia hacia la acidificación, permitiendo que el crecimiento, el nivel de producción y la sobrevivencia de las plantas no sean afectados negativamente. Sin embargo, se debe destacar que este efecto depende fuertemente de factores edafoclimáticos y genéticos.

Consideraciones finales

A nivel mundial el petcoke se utiliza como combustible en la generación eléctrica en un reducido porcentaje. Además, debido a su alto contenido de azufre y metales pesados, en todos los países donde se permite su uso, las plantas que lo utilizan y/o generan deben invertir elevados montos en las correspondientes tecnologías de abatimiento de emisiones, motivo por el cual el mercado internacional de fuentes de energía determina un precio del petcoke significativamente menor al obtenido por el carbón. Es así como en las actuales condiciones

del mercado la relación de precios es de 1 a 4, e incluso menor.

En relación con los impactos sobre el medio ambiente, el empleo del petcoke de grado combustible, sin contar con las tecnologías de abatimiento adecuadas, puede provocar un incremento en las emisiones de material particulado, de metales pesados (particularmente vanadio y níquel) y azufre (SO_2 y SO_3), ocasionando un deterioro tanto en la calidad medio ambiental, como en el desempeño de actividades productivas que se desarrollan en las cercanías de las fuentes emisoras, especialmente sobre los sectores agrícola y forestal.

Como se ha mencionado, las emisiones de dióxido sulfuroso constituyen una potencial amenaza para las actividades productivas agrícolas y forestales. Los estudios y evidencias muestran que el SO_2 provoca daños directos e indirectos cuya gravedad depende, entre otros factores, del nivel de concentración y el período de exposición de la especie vegetal. Como efecto de los daños indicados, se producen pérdidas de rendimiento, retardos en el ritmo de crecimiento e incluso la muerte de las plantas afectadas.

En definitiva, si se pretende utilizar el petcoke de grado combustible como fuente de energía en la generación de electricidad u otra actividad industrial, y alcanzar un desarrollo sustentable de las actividades económicas del país, resulta necesario incorporar la tecnología de abatimiento de emisiones que permita minimizar el impacto sobre el medio ambiente y las actividades productivas vinculadas.

De esta forma, sólo si se adoptan los resguardos correspondientes e inversiones necesarias para el acopio y manejo del petcoke y el control de sus emisiones, será posible lograr la sustentabilidad ecológica, económica y social, que permita maximizar el bienestar de la sociedad.

En caso contrario, los costos de abatimiento que pretenden ignorar algunas empresas interesadas en emplear el petcoke, estarían siendo traspasados a otros sectores, como el agrícola y el forestal, en la forma de una externalidad negativa. 