

**UNA PROPUESTA PARA AGREGAR VALOR EN LOS ESTABLECIMIENTOS  
PECUARIOS A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE BIOMASA**

Categoría: trabajo de investigación

Cristiano, Gabriela

[gcristiano@uns.edu.ar](mailto:gcristiano@uns.edu.ar)

Departamento de Economía

UNS- IIESS CONICET

# **UNA PROPUESTA PARA AGREGAR VALOR EN LOS ESTABLECIMIENTOS PECUARIOS A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE BIOMASA**

## **RESUMEN**

A comienzos de la década del '70 comenzó a evidenciarse a nivel mundial una creciente preocupación por la calidad del medio ambiente. Las actividades realizadas por el ser humano -ya sea en carácter de consumidor o productor-, generan desechos, los cuales impactan negativamente en el medio. En particular, los residuos provenientes de actividades pecuarias inciden sobre la calidad de los recursos naturales, tales como el aire, el agua y el suelo. Resulta entonces menester considerar los impactos que estas actividades ejercen en el ambiente. Por esta razón, en este trabajo se presenta una propuesta para disminuir los efectos negativos que originan las producciones de índole pecuaria, que consiste en el tratamiento de los residuos generados, los que darán origen a nuevos productos que tienen valor comercial para el establecimiento.

**PALABRAS CLAVE:** residuos orgánicos, contaminación, tratamiento de residuos

**EJE TEMATICO:** Agregado de valor sobre la base de la producción primaria

## **ABSTRACT**

At the beginning of the 70s, a growing concern for the quality of the environment began to be evident worldwide. The activities carried out by the human being, whether as a consumer or a producer, generate waste, which impact negatively the environment. In particular, waste from livestock activities affects the quality of natural resources, such as air, water and soil. It is then necessary to consider the impacts that these activities cause on the environment. For this reason, this paper presents a proposal to diminish the negative impacts that these activities generate, that consist in treating de waste for making new products.

**KEY WORDS:** organic wastes, pollution, waste treatment

## **INTRODUCCION**

Las diversas actividades de consumo y producción originan residuos, lo que inciden permanentemente sobre el entorno. Desde hace cuatro décadas, la preocupación por el medio ambiente se ha ido acentuando en distintos países en mayor o menor intensidad, de acuerdo a la configuración de su mapa productivo. Por tal razón, a partir de entonces, se ha comenzado a diseñar e implementar diversos mecanismos tendientes a la resolución de la problemática vinculada al control de las emisiones de gases efecto invernadero y al tratamiento de los desechos que contaminan diferentes recursos naturales.

Frente a esta situación, Estados Unidos promulga la denominada "Ley Nacional sobre Política Medioambiental" en enero de 1970. De esta manera, comienzan a considerarse los diferentes efectos negativos que las actividades desarrolladas por el hombre ejercen en su entorno. Así,

el hecho de evaluar el impacto ambiental se convierte en una necesidad para evitar o mitigar los efectos negativos que de él se desprenden.

Las actividades productivas actúan con diferente intensidad sobre el medio ambiente, afectando las interrelaciones y equilibrios entre la sociedad y la naturaleza, pudiendo recaer sobre algunos de los siguientes sistemas, lo cuales están interrelacionados: a) sistema o ambiente físico, b) sistema o ambiente socioeconómico y cultural. Sin embargo, los residuos biomásicos que generan las actividades pecuarias (efluentes) y agroindustriales pueden ser tratados y convertirse en nuevos productos para el establecimiento, bajo la hipótesis de que ello contribuirá al agregado de valor para la firma en su conjunto.

En este trabajo se propone una alternativa para dar tratamiento a los desechos provenientes de la actividad ganadera llevada a cabo en forma intensiva, la cual posibilitará la obtención de biogás. Para ello se presenta un estudio de caso de un productor que posee un *feedlot* en el partido de Villarino, al sur de la provincia de Buenos Aires.

## **1- LA TEORÍA NEOCLÁSICA Y EL TRATAMIENTO DE LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS PROVENIENTES DE ACTIVIDADES PRODUCTIVAS**

Los estudios de índole económica sobre los recursos naturales y el medio ambiente, los que han cobrado importancia en los últimos tiempos, suelen considerar tres ejes relevantes al momento de efectuar un análisis en relación a los mismos: la contaminación ambiental, la extracción de recursos –sean renovables o no- y la valoración ambiental (Aguilera Klink y Alcántara, 2011). En este sentido cabe preguntarse qué se entiende por “medio ambiente”.

El medio ambiente constituye ese espacio dual en el que los individuos realizan todas sus actividades productivas, y toman de él los recursos necesarios para transformarlos en productos finales con mayor o menor grado de valor agregado. Pero, por otro lado, ese mismo ambiente es el que recibe todos los residuos que generan tanto los productores como los consumidores. Surge entonces la economía ambiental, la cual tiene sus raíces en la teoría neoclásica. Uno de los temas centrales de la economía ambiental es el tratamiento de las externalidades (en el que se analiza la valoración monetaria de los beneficios y costos ambientales) y el estudio relacionado a la problemática del agotamiento de los recursos no renovables vinculado a la cuestión de la asignación óptima intergeneracional (op. cit.).

Cuando los precios de mercado no manifiestan completamente los costos (ó beneficios) asociados a las actividades que realizan los productores o consumidores y aparecen las llamadas “fallas de mercado”. Es posible decir entonces que existe una externalidad cuando una determinada actividad, ya sea de producción o de consumo, produce un efecto indirecto sobre otras actividades de producción o consumo que no se refleja a través del sistema de precios de mercado. Estos precios aparecen distorsionados, ya que no incluyen todos los costos o beneficios reales para la sociedad, lo que conduce a una inadecuada asignación de recursos. En presencia de externalidades el mercado falla y se genera una pérdida de bienestar porque se tiende a producir en una mayor o menor cuantía de lo que resultaría óptimo (Mas Colell et al, 1995).

Varios son los ejemplos que se citan para mostrar estos efectos, particularmente aquellos negativos relacionados a la producción. Uno de los más comunes hace referencia a una firma que vierte sus residuos en un río, lo cual hace que ese lugar ya no sea apto para realizar una

actividad pesquera o de esparcimiento. El hecho de que el río tenga aguas contaminadas afectaría la calidad de vida de sus habitantes y, en términos de la renta percibida por los propietarios, esta disminuiría a raíz de las malas condiciones medioambientales del entorno. Las externalidades negativas en la producción se originan a raíz del deterioro o del mal uso de los recursos naturales. La causa de ello radica en “ (...) una inadecuada delimitación de los derechos de propiedad y en la ausencia de un marco institucional que permita la compensación por externalidades, otorgando incentivos a los agentes económicos para alcanzar un óptimo uso de los recursos” (Vazquez Manzanares, 2014).

Arthur Pigou (1920) es considerado el precursor de la Economía del Bienestar y el principal pionero del movimiento ambiental. Distinguió los costos privados de los sociales, como así también los beneficios privados y sociales, planteando al problema de las externalidades desde una óptica unilateral; esto implica que un agente –productor o consumidor- causa un perjuicio o beneficio a otro y por esta razón debe ser compensado o penalizado. El actor capacitado para resolver estas externalidades según Pigou es el Estado, el cual (dado un determinado marco legal), a través del cobro de impuestos o del otorgamiento subsidios puede prohibir/disminuir o incentivar la producción o el consumo de los bienes en cuestión. A modo de ejemplo cabe mencionar que el Estado podría sancionar a una empresa que contamina por medio de la aplicación de un impuesto, de modo de obligarla a internalizar esa externalidad negativa.

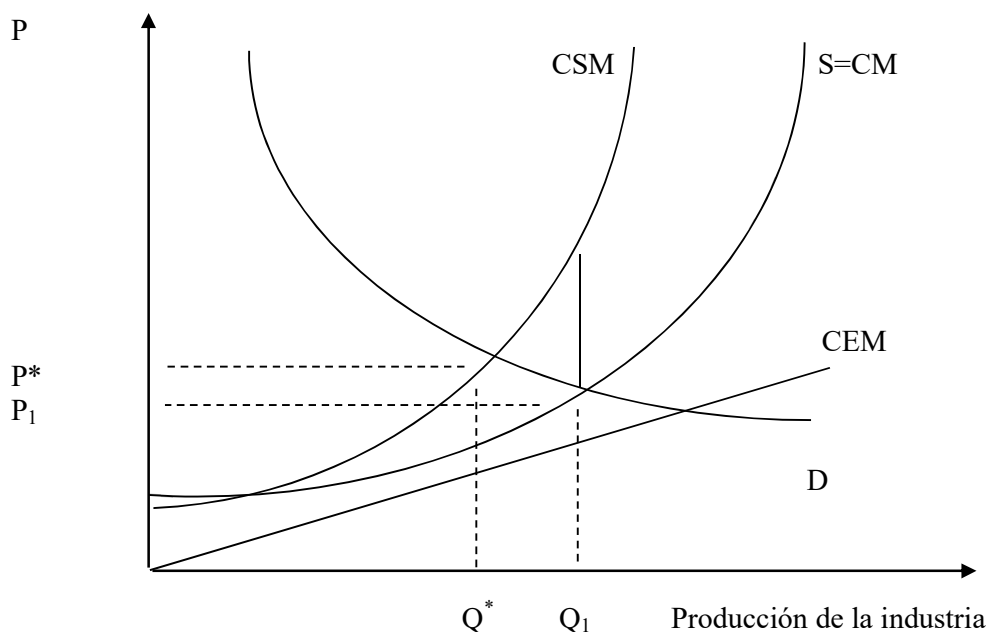
Estos impuestos, que permiten corregir esos efectos negativos, se conocen como impuestos pigouvianos. Esta sería una forma de incluir, mediante el impuesto, el costo externo provocado a la sociedad en la función de costo privado que posee la firma. Esta propuesta no necesariamente eliminaría por completo la externalidad (sí podría hablarse de un nivel óptimo de producción). Por otra parte, habría que plantearse que, si se anulase por completo ese efecto externo (contaminación), no existiría la producción de ese bien, razón por la cual habría que analizar a posteriori qué tan beneficiosa es esta nueva situación para la sociedad en su conjunto (Pigou, en Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Esta situación se ilustra en el Gráfico I. La curva CM (costo marginal) representa la curva de oferta de una determinada actividad industrial que genera un efecto externo negativo. El costo externo marginal (CEM) es la sumatoria del costo marginal de todas las personas afectadas correspondiente a cada nivel de producción. La curva CSM representa el costo social marginal, y es la suma del costo marginal privado de producción y el costo externo marginal. Esto es:

$$CSM = CM + CEM$$

Como puede observarse, el nivel de producción de la industria es  $(P_1; Q_1)$ , donde se igualan la oferta (S) ó costo marginal privado (CM) con la demanda (D) ó beneficio marginal. Sin embargo, cada unidad de producción genera cierta cantidad de residuos, provocando efectos externos negativos. Este es un nivel de producción ineficiente. El precio de mercado,  $P_1$ , es demasiado bajo, y sólo refleja el costo marginal privado de producción de las empresas (CM), pero no el costo social marginal (CSM).

Gráfico I- Externalidad negativa en la producción



Fuente: Pindyck, Rubinfeld y Beker (2000)

De acuerdo a lo propuesto por Pigou, el Estado interviene y regula la actividad cobrando un impuesto a la empresa que origina la externalidad negativa, elevando su costo al internalizar el efecto externo provocado al producir  $Q_1$ . Este hecho hace que la empresa, al enfrentar costos más altos, se vea obligada a reducir su nivel de producción hasta  $Q^*$ . Por lo tanto, luego del impuesto, la asignación eficiente bajo esta externalidad negativa será  $(P^*; Q^*)$ .

La otra aproximación general a las posibles soluciones al problema de las externalidades se deriva de la propuesta general enunciada por Ronald Coase (1960), popularizada posteriormente por George Stigler bajo el nombre de Teorema de Coase. Esta postula que siempre será posible obtener –bajo ciertas condiciones-, a través de la negociación, un equilibrio óptimo entre las necesidades de la sociedad y las inevitables externalidades que se generan en la producción –consumo-, indispensables para satisfacerlas. Coase (1960) avanza en el análisis y, a diferencia a Pigou, considera que el problema de las externalidades puede llegar a ser un problema recíproco, donde ambas partes estén involucradas (Coase, 1960, en Aguilera Klink y Alcántara, 2011).

Coase plantea que el problema de los beneficios y de los costos externos no radica específicamente en el hecho de que sean externos, sino en los derechos de propiedad - que en este caso son imprecisos e indeterminados- y en los costos de transacción, que son elevados. Si estos derechos de propiedad estuvieran claramente definidos, si el número de partes involucradas fuera reducido y los costos de transacción fueran bajos, podría concluirse que las transacciones son eficientes (op. cit.). De este modo, quedarían internalizadas las externalidades.

En este caso, el mercado puede ser eficiente incluso cuando existieran externalidades. Por lo tanto, las negociaciones privadas asegurarían un equilibrio de mercado eficiente. Sin

embargo, las condiciones para que el Teorema de Coase pueda cumplirse son bastante difíciles de que ocurran. Es por esta razón que a partir de él se desprende un enfoque alternativo para dar solución al problema de las externalidades: la creación de nuevos mercados.

A modo de ejemplo, y siguiendo a Eskeland y Jiménez (Eskeland y Jiménez, 1992) puede decirse que, cuando la contaminación se dispersa uniformemente, es posible mejorar o proteger la calidad del medio ambiente controlando las emisiones. Un adecuado marco institucional contribuiría a mitigar las emisiones y no permitiría que las partes intervinientes negociaran el derecho a contaminar. Por otro lado, cuando existen estímulos basados en el mercado, tales como los permisos negociables, los subsidios a la reducción de contaminación y los impuestos a las emisiones, se generan señales para todas las fuentes contaminantes al incrementarse los costos de producción. Todos estos instrumentos permiten que el mercado distribuya la reducción de la contaminación donde sea menos costosa.

En relación a lo anteriormente expuesto, pareciera ser que existe una disyuntiva entre los mecanismos de dirección y control y los estímulos basados en el mercado. Generalmente, las políticas de dirección y control llevadas a cabo por un ente regulador no suelen ser muy efectivas cuando existen muchos contaminadores heterogéneos, un amplio sector productivo informal y una administración pública débil, características que son propias de los países en vías de desarrollo.

Puede decirse entonces que la teoría económica neoclásica resuelve la problemática vinculada a las externalidades negativas de producción por medio de:

- 1-la aplicación de impuestos
- 2-la asignación de derechos de propiedad
- 3-el mercado (por medio de la comercialización de permisos negociables)

## **2- EL IMPACTO AMBIENTAL**

La preocupación por el medio ambiente a nivel mundial se remonta hacia fines de los años '60. Puntualmente, el 1º de enero de 1970 Estados Unidos promulga la “Ley Nacional sobre Política Medioambiental” (*National Environmental Policy Act – NEPA*) (De la Maza, 2007). Por lo tanto, evaluar el impacto ambiental que genera el sector productor se convierte en una necesidad para evitar o mitigar los efectos negativos que de él se desprenden.

Las actividades llevadas a cabo por el hombre, fundamentalmente las de carácter productivo o aquellas relacionadas con la construcción y mantenimiento de la infraestructura vigente, actúan sobre el medio ambiente. De este modo, se afectan las interrelaciones y equilibrios entre la sociedad y la naturaleza. Cuando una actividad o determinada acción produce alguna alteración en el medio –ya sea favorable o no- se dice que hay impacto ambiental, y puede recaer sobre algunos de los siguientes sistemas, lo cuales están interrelacionados (Conesa, 1997): a) sistema o ambiente físico, b) sistema o ambiente socioeconómico y cultural.

Según la literatura, existen varios métodos que han sido propuestos y son a menudo empleados para evaluar el impacto ambiental que produce una determinada actividad o proyecto. Pero cabe destacar que ninguno de ellos por sí sólo es capaz de contemplar la

diversidad y tipo de actividades que intervienen en un estudio de impacto. Por eso es clave seleccionar adecuadamente los métodos más apropiados para satisfacer las necesidades específicas de cada estudio de impacto.

Uno de los métodos cualitativos más frecuentemente empleados para medir impactos ambientales es la Matriz de Leopold, la cual fue esbozada en 1971. Se emplea para identificar los impactos que origina un proyecto sobre un entorno natural; para ello se consideran diversas variables, y cada una de ellas tiene su correspondiente ponderador en términos de la magnitud e importancia de los efectos ocasionados al medioambiente (Coria, 2008). En las columnas de la matriz se consideran las acciones del hombre que pueden alterar el ambiente y en las filas las características del medio o factores ambientales.

Otro método de evaluación ambiental similar al anterior es la Matriz de Battelle-Columbus, el cual fuera inicialmente desarrollado para evaluar los impactos de proyectos vinculados al recurso hídrico (Dee et al, 1973). Este método permite evaluar el impacto ambiental comparando situaciones con y sin proyecto.

Finalmente, la Matriz de Conesa considera los distintos impactos ambientales que pueden presentarse con la ejecución de un determinado proyecto (en el que se consideran todas y cada una de sus etapas), y a cada uno de ellos se le asigna un nivel de importancia (I) (Conesa, 1997).

### **3- ACTIVIDADES PRODUCTIVAS CON ALTO IMPACTO EN EL MEDIO**

Las actividades productivas generan, en mayor o menor medida, externalidades negativas en el medio ambiente. A modo de ejemplo, cabe señalar que una de las actividades que impacta con mayor intensidad en el entorno es la pecuaria, fundamentalmente la ganadería cuando se desarrolla en forma intensiva. Esta externalidad (e) puede desagregarse, por un lado, en  $e_1$ , que abarcalas emisiones de metano ( $CH_4$ ), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y óxido nitroso ( $N_2O$ ). En el caso específico de la producción intensiva de carne vacuna, el gas más preocupante es el metano, ya que su efecto negativo es 21 veces superior al dióxido de carbono. Según estudios realizados en el campo experimental del INTA Balcarce, se determinó que un novillo en pastoreo produce en promedio unos 210 gramos diarios de gas metano (INTA, 2016), lo que equivaldría a casi 77 Kg. anuales de metano. Sin embargo, si ese estiércol fuera tratado, puede observarse el ahorro en términos de emisiones de toneladas de carbono equivalentes anuales, que en este caso sería aproximadamente 1,62 Tn/cabeza.

Los institutos meteorológicos estudian las consecuencias del cambio climático por medio de modelos en los que se proyectan las emisiones de GEI, destacándose como hecho principal el incremento de la temperatura. Ello ocasionará la disminución de la superficie de hielos y nieve como así también de las lluvias y los recursos hídricos. Estos dos últimos hechos repercutirán negativamente en la productividad agrícola y ganadera.

Entonces, esta externalidad negativa que afecta al aire puede sintetizarse de la siguiente forma:

$$e_{AI} = e_{CH_4} + e_{CO_2} + e_{N_2O}$$

De acuerdo a la bibliografía consultada, resulta bastante difícil estimar a nivel general el valor económico de la pérdida de productividad ocasionada en el sector agropecuario vinculada exclusivamente a los GEI (dado que, al estimar la productividad de un determinado cultivo, por ejemplo, interviene una serie de variables, entre ellas las climáticas, que no necesariamente podrían estar relacionadas a los GEI). Para ello es necesario realizar minuciosos estudios de caso que aborden problemáticas puntuales, dado que este método es una forma esencial de investigación en las ciencias sociales (Yin, 2008).

Por otra parte, a esta externalidad se le debe sumar la que este tipo de actividad genera sobre el suelo y el agua, ya que las excretas producen desbalances en el movimiento de los nutrientes dentro y entre los componentes bióticos y abióticos de un ecosistema (Glessi et al, 2012).

Por un lado, el estiércol (materia fecal más orina) aporta nutrientes al suelo, dado que el ganado bovino absorbe en términos relativos una escasa proporción de los mismos en función de lo que ingiere. Así, excreta entre un 60 y 80% de N y P al ambiente (Andriulo et al, 2003), perjudicando agua y suelo por exceso de nutrientes. Sin embargo, estudios realizados en Argentina a lo largo de 11 años (op. cit.) han arrojado que el mayor impacto fue la salinización del suelo en los primeros 30 centímetros como consecuencia de la excesiva acumulación de materia orgánica.

Lo anteriormente mencionado impactaría sobre la productividad de los mismos, como así también en el valor futuro de la tierra. Una alternativa para la recuperación de suelos salinos es mediante el uso de enmiendas cálcicas a través de la aplicación de yeso, con el fin de modificar las propiedades químicas de los mismos; este proceso contribuiría a una mejora en la productividad de los cultivos, pero reviste un elevado costo, fundamentalmente de transporte (Bandera, 2004; Castellanos, 2000). También es posible recuperar suelos salinos por medio de la implantación de especies vegetales.

Paralelamente se evidenció que la contaminación de suelos y aguas se ha debido a la presencia de algunas formas químicas del N, poniendo de manifiesto la contaminación de ambos recursos: N total sobre el perfil del suelo, amonio en las aguas superficiales y nitratos en el agua subterránea. “El principal impacto sobre el suelo fue la salinización del perfil. El N fue el elemento más afectado, como Nt en el perfil del suelo, como N-NO<sub>3</sub> en el agua subterránea y como N-NH<sub>4</sub> en las aguas superficiales” (Andriulo et al, 2003: 27).

Por otra parte, estudios realizados por el INTA en General Villegas mostraron una disminución de P en los suelos en el largo plazo. “Resultados de evaluaciones del estado de fertilidad de los suelos en los modelos intensivos de producción demostrativos de la EEA INTA Gral. Villegas muestran que luego de 20 años de prácticas de producción de carne puras sobre pasturas los contenidos de fósforo disponible son significativamente inferiores a los observados en condiciones de producción mixta ganadero-agrícola” (Díaz Zorita, 2002: 9).

Asimismo, otros estudios indican qué otros efectos se producen a raíz de la intensificación de la ganadería. “(...) en Argentina se ha detectado una acumulación en suelos de más de 220 Kg/ha de nitratos, de 2500 ppm de fósforo y de 261 kg/ha de cinc. Es frecuente que en el agua subterránea se detecte un exceso de nitratos (180 ppm) y contaminación microbiológica. De manera reciente también se registró fósforo (7 ppm) y hasta 90 ppb de cobre. En aguas superficiales, el escurrido de corrales ha incrementado los sedimentos casi 29 veces y también



se registró resistencia a varios antibióticos (5 a 95% de cepas de *Escherichiacoli*), y otros problemas emergentes como la emisión de gases de efecto invernadero (371 kg/ha de metano)” (Herrero y Gil, 2008: 273).

El exceso de nutrientes conlleva a la eutrofización del agua, que no es más que una de las consecuencias de los procesos de contaminación provocados principalmente por los excesos de N y P. Estos nutrientes facilitan la proliferación de organismos vegetales que agotan el oxígeno del agua, provocando la ausencia de vida en ella y el posterior mal olor y su mala calidad.

Por lo tanto, habría que considerar otras dos externalidades vinculadas a la afectación de suelos y aguas. Así, el efecto externo producido por esta actividad podría resumirse en:

$$e = e_{AI} + e_S + e_A$$

donde:

$e_{AI}$  = efecto externo sobre el aire  
 $e_S$  = efecto externo sobre el suelo  
 $e_A$  = efecto externo sobre el agua

De acuerdo a un informe publicado por la Fundación Labein en Junio de 2005, la ecuación teórica para el cálculo de emisiones de metano no controladas a la atmósfera viene dada por:

$$QCH_4 = LR (e^{-kc} - e^{-kt})$$

Donde:

$QCH_4$  = ratio de generación de metano en el tiempo t  
L = potencial de generación de metano (  $m^3$  de  $CH_4$ / Tn de residuo)  
R = promedio anual de residuos generados (Tn de residuos/año)  
k = ratio de generación de metano (1/año)  
c = tiempo desde la clausura del vertedero (en años). En el caso del presente trabajo, esta variable adaptada sería “tiempo desde el inicio del tratamiento de los residuos”  
t = tiempo transcurrido desde la primera deposición de residuos (años)

La vulnerabilidad del ambiente a la contaminación o degradación ambiental depende de numerosos factores (Pordomingo, 2014). En el caso del suelo y napas subterráneas es mucho más complejo establecer una ecuación general para cuantificar la contaminación. Aspectos vinculados a su producción, propagación, asentamiento e intensidad varían de acuerdo a las características y ubicación de la fuente contaminante, y fundamentalmente de las características inherentes a las propiedades del agua (gradiente hidráulico, velocidad de flujo) y de los suelos (arcillosos, limosos), como así también de las condiciones atmosféricas (humedad, temperatura) (Auge, 2004; Pordomingo, 2014).

#### **4- AGREGANDO VALOR A PARTIR DEL TRATAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS**

En esta parte del trabajo se expone un estudio de caso que refleja la importancia en términos ambientales y económicos que reviste el tratamiento de los residuos generados por las actividades pecuarias, en particular la ganadería bajo la modalidad productiva intensiva (*feedlot*) (Cristiano, et al, 2016). A continuación se analizará el caso de un productor ganadero representativo de la región de CORFO, Río Colorado. Esta zona se localiza al sur de la provincia de Buenos Aires. Constituye un valle fértil, el que está irrigado por más de 5000 Km de canales, los cuales llevan el agua del Río Colorado. Esta área se constituye en una de las principales cuencas hídricas del país.

El establecimiento agropecuario bajo análisis posee 300 hectáreas y la infraestructura y equipamiento necesarios para llevar adelante el engorde a corral (*feedlot*) de 500 cabezas de ganado vacuno, tales como: corrales, bebederos, comederos, un *mixer* con balanza (para mezclar las fibras y picar rollos y fardos, de modo tal de asegurar una equitativa repartición del alimento), un tractor, una pala (para mezclar el alimento), una pulverizadora, un tanque de agua y una manga de trabajo con balanza. Se trata de un emprendimiento en marcha, cuyo propósito es engordar terneros de recría de unos 283 Kg. promedio en situación de confinamiento. El objetivo es llevarlos a un peso de 420 Kg., considerando un incremento diario de peso de 1,470 kg. en un ciclo de 93 días (4 ciclos al año aproximadamente) en corrales con piso de tierra apisonada con capacidad para 500 cabezas (considerando 10 m<sup>2</sup> por animal) (Cristiano, G., 2018). Su estratégica ubicación le otorga ventajas al contar con el recurso hídrico, dado que este tipo de actividad requiere entre 30 y 40 litros diarios de agua por animal (Pampuro, 2015).

Una vez llevado a su peso final, el ganado será comercializado en los frigoríficos de la zona para reducir el costo del flete. Un aspecto interesante a destacar es que este tipo de actividad, intensiva en el uso de recursos (alimentos, agua, instalaciones, mano de obra, uso del suelo, entre otros), libera tierras para uso agrícola. Esto hace que en el mencionado establecimiento también pueda producirse forraje y granos para la alimentación de los animales. El hecho de estar localizado en el área de riego también posibilita obtener mayores rindes por hectárea considerando un *mix* de cultivos destinados a la producción de raciones. El costo del alimento comprado a terceros suele ser mayor que en el caso de tratarse de producción propia, donde inciden los costos de comercialización y de flete (US\$ 2,20 por cada Km recorrido), como así también la volatilidad de los precios internacionales de los granos. Sin embargo, dependiendo de las condiciones del mercado, siempre deberá evaluarse la conveniencia de liquidar la hacienda y vender los granos dependiendo de los precios relativos (Cristiano, G., 2018).

Teniendo en cuenta la empresa caracterizada en el apartado anterior, se analizará la posibilidad de producir biogás a partir del tratamiento de los efluentes generados en dicho establecimiento (heces + orina). Al estar emplazada en un área irrigada, la preservación del recurso hídrico se torna vital para el crecimiento de la región. La ley que regula este tipo de actividad productiva en la provincia de Buenos Aires -sancionada el 30 de Noviembre de 2016-, constituye el marco institucional propicio para comenzar a considerar esta problemática. Específicamente, en sus Artículos 4º y 5º, hace referencia a la obligatoriedad de realizar un estudio de impacto ambiental, el cual deberá incluir, entre otros, un estudio de los recursos hídricos superficiales y subterráneos, como así también un plan integral de gestión de residuos.

Según Aníbal Pordomingo (Pordomingo, 2014), teniendo en cuenta la digestibilidad de la dieta del vacuno, un novillo de 450 kg produce un promedio diario de 27 kg de excrementos húmedos (orina y heces), con una variación de 25% (dependiendo del clima, el consumo de

agua y el tipo de dieta). En este caso, el establecimiento, con 500 cabezas de ganado, produce diariamente 13,5 Tn de estiércol, lo que mensualmente arroja 405 Tn. Este estiércol, sometido al tratamiento de digestión anaeróbica, genera biogás y biofertilizante. Teniendo en cuenta que a partir de una tonelada de excrementos húmedos proveniente de ganado vacuno es posible obtener 25m<sup>3</sup> de biogás (Pordomingo, 2014), en este establecimiento se generarían 10.125 m<sup>3</sup> de biogás al mes.

El biogás proveniente de estiércol bovino es un gas pobre, ya que la eficiencia de conversión es baja. Es decir, por cada tonelada de residuo se obtiene entre 20 y 30 m<sup>3</sup> de biogás (Flotats, 2010). Por otro lado, 1 m<sup>3</sup> de biogás equivale a 0,6 m<sup>3</sup> de gas natural. Por lo tanto, los 10.125 m<sup>3</sup> producidos mensualmente serían equivalentes a 6.075 m<sup>3</sup> de gas natural.

Lo mencionado anteriormente puede ser expresado en términos de los tubos de gas propano empleados frecuentemente por el productor agropecuario. Cada tubo de 45 Kg equivale a 58,4 m<sup>3</sup> de gas natural. Es decir, entonces, que el productor podría sustituir unos 104 tubos de gas al mes mediante el tratamiento de los residuos generados por su actividad productiva.

A los efectos de cuantificar y valorar los 104 tubos de gas, se tomó como referencia el precio promedio de mercado de los tubos, el que a fines de Julio del corriente ascendía a \$1500. Teniendo en cuenta el valor del dólar de \$28,50 al 29 de Junio de 2018, cada tubo tiene un costo de U\$S 53 para el productor. Los 104 tubos representarían un ahorro de U\$S 5.512 al mes. Si bien esto no significa que el productor emplee necesariamente esa cantidad de tubos (ya que, en todo caso, dependerá de la naturaleza del proceso productivo energo intensivo que realice en forma conjunta con la actividad de base, que es la ganadería), el resultado sirve de ejemplo a los efectos de mostrar la conveniencia de tratar la biomasa generada en el establecimiento. A ello habría que sumarle el valor del fertilizante obtenido, que es el sustrato final digerido resultante del proceso de digestión anaeróbica, equivalente a unos U\$S 5.700 anuales (Cristiano, G., 2018).

En este trabajo no se consideró la inversión inicial ni los costos asociados al proceso de digestión anaeróbica, ya que el objetivo fue mostrar la potencialidad que reviste esta tecnología para el productor, como así también para la sociedad en su conjunto al disminuir los impactos negativos hacia el medio ambiente.

Para finalizar, es interesante mencionar los resultados a los cuales arriba un estudio reciente (Chorkulak, 2016), en el que se evaluó el potencial que reviste nuestro país para generar biogás a partir de sistemas productivos cárnicos en confinamiento. En él se analizó la capacidad de generación de biogás considerando la totalidad de establecimientos de producciones intensivas de ganado bovino, cerdos y aves. “(...) la capacidad del país de producir biogás, tomando en consideración las actuales existencias animales en sistemas de confinamiento, es de 18.249 MW/h, permitiendo cubrir más de la mitad de la demanda energética actual del país” (Chorkulak, 2016:65). Por otra parte, en ese mismo trabajo se analizaron diversos casos en los que se calculó la rentabilidad de diferentes tipos de producciones intensivas que trataron sus residuos orgánicos por medio de digestores anaeróbicos, los cuales arrojaron diferentes rentabilidades en base a escala y tecnología aplicada (de punta, media y baja).

## **Conclusiones**

La preocupación por el medio ambiente ha llevado a crear marcos institucionales tendientes a morigerar los impactos negativos que las diferentes actividades productivas generan. En particular, tanto el sector agropecuario como el agroindustrial –los cuales ocupan un rol fundamental en la economía del país- son generadores de un importante volumen de residuos orgánicos (biomasa). Las nuevas modalidades de producción -tal como es el caso de la actividad ganadera que produce carne vacuna bajo la modalidad *feedlot*-, ponen de manifiesto la necesidad de realizar un tratamiento a estos residuos, posibilitando obtener biogás (que puede ser aprovechado por el establecimiento agropecuario), impactando en una reducción en el costo de energía calórica de las firmas en el sector rural.

Este es un gas que se obtiene a partir del proceso de digestión anaeróbica de los residuos orgánicos, el cual tiene lugar en los biodigestores. Por otra parte, el sustrato digerido o biofertilizante proveniente del mencionado proceso puede ser empleado como abono orgánico sobre el suelo, ya que es rico en macronutrientes, tales como nitrógeno, fósforo y potasio. Esto también implicaría un ahorro en costos en términos de fertilizantes. El tratamiento adecuado de los residuos contribuye a incrementar el valor agregado de los establecimiento pecuarios y reducir o hasta en algunos casos eliminar las externalidades negativas que se originan en la producción, protegiendo de esta forma al medio ambiente.

## **Bibliografía**

Aguilera Klink, F. y Alcántara, V. (2011). De la economía ambiental a la economía ecológica. CIP-Ecosocial. Barcelona.

Andriulo, A., Sasal, C., Améndola, C. y Rimatori, F. (2003). Impacto de un sistema intensivo de producción de carne vacuna sobre algunas propiedades del suelo y del agua. Edic. INTA.

Auge, M.P. (2003). Hidrogeología ambiental. Disponible en <http://tierra.rediris.es/hidrored/ebooks/miguel/HidroGeoAmb.pdf>.

Bandera, R. (2004). Rehabilitación de suelos salino-sódicos: evaluación de enmiendas y de especies forrajeras. Tesis de maestría. UBA. Disponible en <http://ri.agro.uba.ar/files/download/tesis/maestria/2013banderaramiro.pdf>.

Castellanos, J.Z. (2000). Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. Segunda edición. Intagri, S.C. Guanajuato. México.

Chorkulak, V. (2016). Análisis de la capacidad de generación de biogás en Argentina a partir de residuos orgánicos producidos en granjas con sistemas de confinamiento. Tesis de Maestría en Gestión Ambiental. Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

Conesa Fernández-Vítora (1993). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. España.

Coria, I.D. (2008). El estudio de impacto ambiental: características y metodologías.

Disponible en <http://www.redalyc.org/html/877/87702010/>.

Cristiano, G. (2018). Proyecto de desarrollo regional: un modelo basado en el tratamiento de residuos orgánicos. El caso de Corfo-Río Colorado. Tesis Doctoral en Economía. UNS. Bahía Blanca.

Cristiano, G., Miranda Zanetti, M., Zabaloy, F. (2016). Tratamiento de residuos orgánicos agropecuarios: abordaje teórico y empírico. XLVII Reunión Anual de la AAEA. Mar del Plata.

Dee, N., Baker, J., Drobny, N., Duke, K., Whitman, I., & Fahringer, D. (1972). An environmental evaluation system for water resource planning. *Water Resources Research*, pp. 523–535. Disponible en <http://doi.org/10.1029/WR009i003p00523>.

Eskeland, G. y Jiménez, E. (1992). Policy instruments for pollution control in developing countries. *The World Bank research observer*. Vol. 7, N° 2, pp. 145-169.

Flotats, X. (2010). “Biogás y gestión de deyecciones ganaderas”, en *SUIS/IVIS*, (72), 22-29.

Glessi, W., Pose, N., Zamuner, E. (2012). Impacto ambiental de los contaminantes provenientes de aguas residuales de feed-lot sobre aguas subterráneas. *Avances en Ciencias e Ingeniería*. Vol. 3. N° 4, Octubre-Diciembre. pp. 81-87. Chile.

Herrero, M. y Gil, S. (2008). Consideraciones ambientales de la intensificación en producción animal. pp.273-289. *Ecología Austral*. Asociación Argentina de Ecología.

INTA (2016). El INTA mide emisiones en ganado con cámaras de respiración. Disponible en: <http://ria.inta.gob.ar/contenido/el-inta-mide-emisiones-de-gases-en-ganado-con-camaras-de-respiracion?l=en>.

Mas Collel, A., Whinston, M. and Green, J. (1995). *Microeconomic Theory*. Oxford University Press. New York.

Pampuro, J.M. (2015). Diseño del *feedlot* bovino y aprovechamiento de sus efluentes. Documento de trabajo disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina.

Pindyck, R., Rubinfeld, D. y Becker, V. (2000). *Microeconomía*. Buenos Aires. Prentice Hall.

Pordomingo, A. (2014). Efectos ambientales de la intensificación ganadera. Edic. INTA. INTA Anguil. La Pampa.

Vázquez Manzanares, V. M (2014). Externalidades y medioambiente. *Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing*, N° 2.

Yin, R. (1994). *Case study research. Design and methods*. Sage Publications. London.

