



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

ANALES | ASOCIACION ARGENTINA DE ECONOMIA POLITICA

LIII Reunión Anual

Noviembre de 2018

ISSN 1852-0022

ISBN 978-987-28590-6-0

El enfoque de la empresa multiproducto para
abordar las externalidades negativas de
producción en el sector agropecuario

Cristiano Gabriela

EL ENFOQUE DE LA EMPRESA MULTIPRODUCTO PARA ABORDAR LAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS DE PRODUCCIÓN EN EL SECTOR AGROPECUARIO

Gabriela Cristiano ¹

Departamento de Economía

UNS- IIESS CONICET

gcristiano@uns.edu.ar

Resumen

La preocupación por el medio ambiente comenzó a evidenciarse a nivel mundial hacia fines de la década del '60. A partir de entonces, han comenzado a diseñarse e implementarse 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. En este trabajo se propone un abordaje para el tratamiento de las externalidades negativas de producción, basado en la reconversión de un establecimiento monoproducción a uno multiproducción. Específicamente, se analiza el caso de aquellas externalidades negativas provenientes de actividades productivas agropecuarias que generan residuos orgánicos.

Palabras clave: externalidades, tratamiento de residuos orgánicos, empresa multiproducción, sector agropecuario

JEL: Q1- Q2

Abstract

The concern for the environment began to be evident worldwide at the end of the 1960s. Since then, various mechanisms were implemented for solving the problems related to the control of greenhouse gas emissions and the treatment of waste. This paper proposes an approach for the treatment of negative production externalities, based on the conversion of a single-product to a multi-product firm. Specifically, it is analyzed the case of negative externalities coming from agrarian activities that generate organic waste.

Key words: externalities, organic waste treatment, multiproduct –firm, agrarian sector

JEL: Q1- Q2

Introducción

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”.

¹ La autora agradece al Dr. Maximiliano Miranda Zanetti por sus valiosos aportes al modelo teórico.

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 tratamiento² 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).

En este trabajo se propone un enfoque diferente a los efectos de disminuir los impactos negativos que ocasionan al medio ambiente los efluentes derivados de ciertas actividades pecuarias, tal como la producción de carne vacuna bajo la modalidad *feedlot*². Cabe mencionar que esta es una de las actividades que impacta negativamente con mayor intensidad en el medioambiente, afectando los recursos naturales: aire, agua y suelo.

I- Las externalidades negativas de producción

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

² Engorde a corral.

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).

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)

II- Un abordaje diferente para el tratamiento de las externalidades negativas de producción: la empresa multiproducto

En el mundo moderno gran parte de las empresas producen más de un producto. Por otro lado, en muchos casos, la producción de un producto genera inevitablemente otro subproducto que tiene un valor económico para la empresa (como por ejemplo, la producción de carne vacuna y cuero). En este caso particular se considerará la producción de carne vacuna y la generación de residuos orgánicos (efluentes), y ambos pueden producirse en proporciones fijas mediante un proceso de producción simple, donde $x_1 / x_2 = k$ y k es una constante. Entonces, bien podría realizarse el análisis como si se tratara de la producción de un único producto (Henderson y Quandt, 1958). Para ello es necesario definir una unidad compuesta de producto como k unidades de X_1 y 1 unidad de X_2 con un precio de $(kp_1 + p_2)$ y resolverlo como un único producto (op. cit.).

Partiendo del análisis realizado por Henderson y Quandt (op. cit.), a los efectos de estudiar el comportamiento de la empresa multiproducto se considerará un caso simple, en el que se emplea un único insumo (Q) para la producción de dos bienes (X_1 y X_2). Como se mencionara anteriormente, ambas funciones de producción son de coeficientes fijos. En este caso, no resulta posible sustituir un factor por otro, dado que para cada nivel de producción se requiere una determinada cantidad de insumos. Sólo es posible acceder a niveles de producción más altos incrementando ambos factores en una proporción determinada.

La función de producción implícita viene dada por:

$$(1) \quad H(x_1, x_2, q) = 0$$

donde x_1 , x_2 y q son las cantidades respectivas de X_1 , X_2 y Q . La ecuación (1) puede resolverse explícitamente para q :

$$(2) \quad q = h(x_1, x_2)$$

El costo de producción en términos del único insumo empleado (Q) está en función de ambos productos.

Por lo tanto, ante este planteo, la firma debe decidir qué cantidad producir de cada producto. Una forma de poder analizar esta situación es a través de la curva de transformación del producto, que indica las distintas combinaciones de productos que pueden obtenerse a partir de un determinado insumo Q :

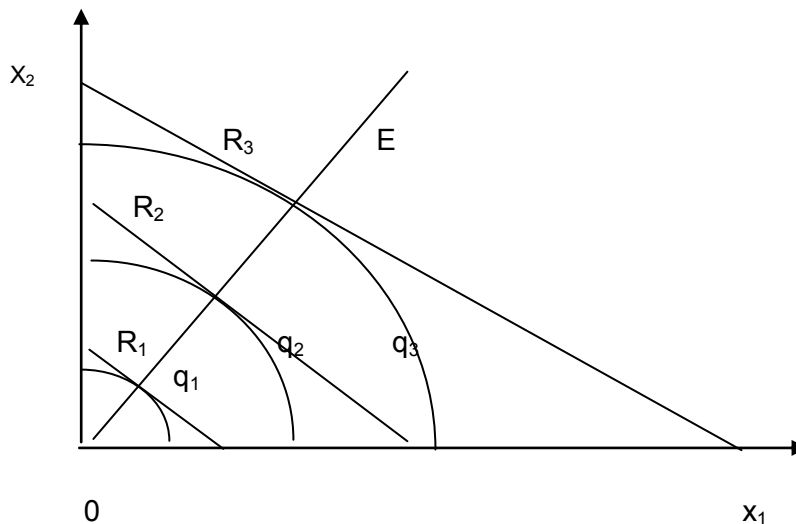
$$(3) \quad Q^0 = h(x_1, x_2)$$

Particularmente, esta curva tiene pendiente negativa, ya que si la empresa desea obtener una mayor cantidad de un producto (X_1), necesariamente deberá renunciar a alguna cantidad a producir del otro (X_2). Por otro lado, la curva de transformación es cóncava hacia el origen debido a que la producción conjunta generalmente tiene ventajas que permiten a

una firma producir una mayor cantidad de ambos productos con la misma cantidad de recursos que dos firmas que produjeran cada producto por separado (Panzar y Willig, 1984). Estas ventajas de producción implican la utilización conjunta de los factores o instalaciones productivas, a programas conjuntos de marketing, o al ahorro de costos por poseer una administración común.

En el Gráfico I se muestran tres curvas de transformación de producto. A medida que las curvas se alejan del origen, se requiere una mayor cantidad del input Q. Así, $q_3 > q_2 > q_1$.

Gráfico I: Curvas de transformación de producto



Fuente: Henderson y Quandt. 1958.

Por otro lado, bajo ciertas circunstancias, cuando se lleva a cabo la multiproducción, es posible que la empresa tenga *economías de alcance*. Se dice que existen economías de alcance cuando la producción conjunta de una única empresa es mayor que la producción que podrían obtener dos empresas diferentes que produjeran cada una un único producto, con factores productivos similares distribuidos entre las empresas (Panzar y Willig, 1981). Si ocurriese lo contrario, existirían *deseconomías de alcance*. Cabe aclarar que no existe una relación directa entre los conceptos “economías de alcance” y “economías de escala”. Podría darse la situación en que se produjeran únicamente dos productos y para ello se necesita una pequeña escala; entonces, se tendrían economías de alcance y *deseconomías de escala*.

Las economías de alcance se relacionan con los costos de producción. La reducción en el costo medio de producción está dada por la diversificación de productos que se basan en el uso común de un activo fijo ya disponible o del *know how* que posee la firma. Si efectivamente existieran economías de alcance en una firma, a la empresa le costaría menos producir dos productos que lo que le costaría a dos empresas diferentes producir cada una un solo producto. La siguiente ecuación (4) indica el grado de economías de alcance que mide este ahorro en costos:

(4)

$$EA = \frac{C(x1) + C(x2) - C(x1, x2)}{C(x1, x2)}$$

Cuando existen economías de alcance, $EA > 0$, dado que $C(x1, x2) < C(x1) + C(x2)$. Cuando hay deseconomías de alcance, $EA < 0$. Generalizando, puede decirse que, cuanto mayor es el valor de EA, mayores son las economías de alcance.

III- EL CASO PARTICULAR DE LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS QUE GENERAN RESIDUOS ORGÁNICOS

En este trabajo se propone otra forma para abordar el tratamiento de los efectos externos provenientes de ciertas actividades productivas. En particular, cuando los mismos se generan a partir de residuos orgánicos, las externalidades negativas de producción podrían ser morigeradas reconvirtiendo a la empresa monoprodutora en multiprodutora (Cristiano, G., 2018). Aquí se plantea el modelo considerando que se realiza el tratamiento a la totalidad del residuo, bajo el supuesto de que se trata de funciones de producción de coeficientes fijos. En este caso, la cantidad a producir del subproducto está condicionada a la cantidad producida por el producto base por tratarse no sólo de una cuestión de producción conjunta sino de producciones complementarias. Así, sólo deberá definirse qué cantidad producirá de su producto principal, dado que la producción de los subproductos queda automáticamente definida.

Como puede apreciarse, en este modelo se incorpora una nueva actividad productiva en la que se emplea como *input* el residuo que se genera a partir del producto base, obteniéndose un nuevo *output*. Es de esperar que ambas producciones, al compartir instalaciones fijas y generarse un ahorro en términos de costos fijos -como así también de transporte y logística de insumos requeridos por el nuevo producto-, la empresa obtenga economías de *scope* (Panzar y Willig, 1981).

A continuación se propone estudiar formalmente el proceso productivo y sus alternativas de la siguiente forma: en primer término, se realiza la descripción formal del proceso monoprodutor, que caracteriza la situación tradicional de los establecimientos que sufren la problemática vinculada a la acumulación de residuos. En segundo lugar, se describe la formalización correspondiente al proceso multiprodutor.

I. Proceso monoprodutor

El proceso monoprodutor está caracterizado por la siguiente función de producción

$$f_G: (Y_G, Y_E) \mapsto (X_G, e)$$

donde los vectores Y_G y Y_E indican insumos que intervienen en el proceso productivo (por ejemplo, Y_E podría contener residuos que si bien no entran directamente dentro del proceso productivo generan un costo directo -en términos de remoción y tratamiento- dentro de la función de beneficio). Por otro lado, el producto final X_G es generado conjuntamente con un vector de elementos de descarte e que generan una externalidad hacia la sociedad.

Si se considera que el productor tiene como guía de decisión el planteo de intentar lograr un resultado económico lo más favorablemente posible, es viable interpretar formalmente su accionar mediante la política de maximización del beneficio. El agente intentará asignar los

recursos y procesos de producción de forma tal de obtener el máximo beneficio considerando las restricciones del caso.

Este comportamiento se describe mediante el siguiente proceso de optimización:

$$\max B = \max P_{X_G} \cdot X_G - r_{Y_G} \cdot Y_G - r_{Y_E} \cdot Y_E$$

considerando la función de producción f_G y los niveles de precios dados por P_{X_G} y los vectores r_{Y_G} y r_{Y_E} . Se recuerda que el factor de externalidad e no entra directamente en la función de optimización del productor, aunque sí debería ser considerado desde el enfoque del bienestar de la sociedad en su conjunto.

Si se asume que el agente elige la mejor alternativa posible, es posible hallar la oferta de producto final $X_G(P_{X_G}, r_{Y_G}, r_{Y_E})$ y las demandas derivadas de insumos $Y_G(\cdot)$, $Y_E(\cdot)$. Nótese que en este último caso, se estaría hablando más específicamente de un desecho que implica costos para el agente, más que propiamente una demanda pura de un insumo, como ya se ha explicado más arriba. Si bien desde un punto de vista general se puede describir la oferta de producto y las demandas derivadas de forma independiente, en la práctica en muchas aplicaciones económicas éstas están altamente relacionadas, y es razonable admitir que gran parte de los procesos productivos está caracterizada por relaciones de coeficientes constantes o fijos (por ejemplo, piénsese en la cantidad de excretas diarias generadas por un bovino promedio, las raciones diarias para alimentación animal, los rindes por hectárea en base a una determinada cantidad de agroquímicos, entre otros tantos ejemplos).

Una vez incorporada la información parcial correspondiente a las demandas derivadas, es viable expresar el objetivo a maximizar como:

$$\max B = \max P_{X_G} X_G - CV_G(X_G) - CF - CV_E(X_G)$$

donde CF denota el costo fijo de la producción. Los costos variables contemplan, por un lado, el costo variable asociado a los insumos directos [$CV_G(X_G)$] y por otro, el costo variable asociado a los costos sucedáneos de eliminación de residuos dados por $CV_E(X_G)$.

La condición de primer orden que indica al productor la cantidad óptima de producto que debe producir para obtener el máximo beneficio posible está dada por:

$$P_{X_G} - CMg(X_G) = 0$$

en la que $CMg(X_G) = CV'_G(X_G) + CV'_E(X_G)$ indica el incremento en el costo (directo e indirecto) producido por la unidad marginal. De esta ecuación surge $X_{G_1}^*$, el nivel de producto que maximiza el monto de ganancias en la empresa monoprodutora.

Si bien la condición marginal indica al productor la mejor opción de producción si perdura en el negocio, el margen de beneficio resalta de importancia en primer término para conocer si efectivamente conviene la permanencia en el negocio (si los beneficios dados por $P_{X_G} X_{G_1}^* - CV_G(X_{G_1}^*) - CF - CV_E(X_{G_1}^*)$ son positivos, descontado todo costo de oportunidad), y en segundo término, para analizar la conveniencia de otro régimen comparativo, como se verá más adelante.

Se denominará $B_1 = P_{X_G} X_{G_1}^* - CV_G(X_{G_1}^*) - CF - CV_E(X_{G_1}^*)$ al monto máximo de beneficio obtenido en la actividad monoproducción.

Si bien la elección de producción se centra en la visión económica percibida por el productor (por ende, en su beneficio percibido), se hace notar que la actividad productiva genera en términos sociales costos asociados al monto de elementos e que generan una externalidad negativa (en términos de contaminación, emisión de gases de efecto invernadero, etc.) que no son directamente observados en el balance de la actividad productiva. El término correspondiente puede expresarse como $C_e(e(X_{G_1}^*))$, que depende del nivel de producción elegido.

II. Proceso multiproductivo

Si se supone que el proceso cuenta con la posibilidad de lograr la producción de productos adicionales al primario, obtenidos por la reconversión de los residuos que causan la externalidad; en tal caso se puede asumir un proceso multiproducto.

La función de producción característica en este caso está dada por:

$$f_{G,S}: Y_G \mapsto (X_G, X_S)$$

donde el vector Y_G indica magnitudes de insumos totales involucrados en la producción tanto de productos como de subproductos; por otro lado, el producto final X_G es complementado por un vector de subproductos X_S obtenidos mediante un proceso conjunto de reaprovechamiento de los residuos generados que tiene un rédito económico³. Se puede pensar en el proceso principal intermedio auxiliar $g_{G,S}: Y_G \mapsto (X_G, e)$ que genera producto principal y residuos, y un proceso de reaprovechamiento de los residuos que los emplea para producir subproductos de rédito económico.

Si la función $h_{G,S}: (X_G, e) \mapsto (X_G, X_S)$ condensa el resultado conjunto de la actividad principal y la reutilización marcada, entonces $f_{G,S}(Y_G) = h_{G,S}(g_{G,S}(Y_G))$ sintetiza los dos procesos en una única función de producción.

Nuevamente, es posible formalizar el accionar del agente que busca el máximo beneficio posible mediante la maximización del beneficio derivado de la multiproducción:

$$\max B = \max P_{X_G} X_G + P_S \cdot X_S - r_{Y_G} \cdot Y_G - C_R(X_S)$$

donde se considera el costo productivo de la reutilización de los residuos e para la producción de los subproductos X_S . Si bien la formulación del beneficio parece depender de más de una variable de elección, se recuerda que existe una relación directa entre las variables X_G , e y X_S vinculadas por una restricción productiva (como se explicara arriba, las funciones $g_{G,S}$ y $h_{G,S}$ implican una relación entre X_G , e y X_S). En el caso más simple, esta relación podrá tomar la forma de coeficientes fijos. En definitiva, el mejor resultado

³ Por simplicidad y claridad se supone aquí que todos los residuos que causan externalidad [e] son reciclados, por lo que la externalidad desaparece completamente. La variante general sería considerar un proceso $f_{G,S}: Y_G \mapsto (X_G, X_S, e_{RES})$ donde e_{RES} es el monto residual final no aprovechado que seguiría causando externalidad (en un nivel esperado menor).

económico dependerá en exclusiva de una única decisión. Esta queda más directamente representada si es expresada en función de la variable productiva principal X_G . Se denota por $\tilde{X}_S(X_G)$ la variable vectorial que relaciona los montos de subproductos con la producción principal, y $\tilde{X}'_S(X_G)$ el vector de derivadas parciales respectivas en relación a X_G .

Así, encontrada la oferta de producto final $X_G(P_{X_G}, P_S, r_{Y_G}, C_R(\cdot))$, pueden hallarse luego la oferta de subproductos X_S , las demandas derivadas de insumos Y_G y el vector de residuos e que se producirán a partir del proceso principal y que deben reciclarse para la obtención de los correspondientes subproductos.

Una vez incorporada la información parcial correspondiente a las demandas derivadas, sería viable expresar el objetivo a maximizar como:

$$\max B = \max P_{X_G} \cdot X_G + P_S \cdot \tilde{X}_S(X_G) - CV_G(X_G) - CV_R(\tilde{X}_S(X_G)) - CF_{G,S}$$

donde $CF_{G,S}$ denota el costo fijo de esta producción conjunta.

La condición de primer orden que indica al productor la cantidad óptima de producto que debe producir para obtener el mejor rédito posible está dada por:

$$P_{X_G} + P_S \cdot \tilde{X}'_S - CMg(X_G) = 0$$

en la que $CMg(X_G) = CV'_G(X_G) + CV'_R(\tilde{X}_S(X_G)) \cdot \tilde{X}'_S(X_G)$ indica el incremento en el costo producido por la unidad marginal, tanto en gasto por mayor necesidad de insumos como por los costos de reciclado adicional. De esta ecuación surge $X_{G_2}^*$, el nivel de producto que maximiza el nivel de beneficio de la empresa multiproductora.

Nótese que $X_{G_2}^*$ surge del balance entre el ingreso marginal y costo marginal relativo al incremento de una unidad principal de producción. Estos ingresos y costos contemplan los ingresos por venta o aprovechamiento de los pertinentes subproductos empleados y los costos correspondientes a la obtención de tales sucedáneos. Dado el carácter de proceso secundario que posee el reaprovechamiento de los desechos, es probable que los citados efectos, aunque importantes a nivel, no afecten en gran medida el balance marginal, por lo que $X_{G_2}^*$ no diferiría en tal caso sustancialmente de $X_{G_1}^*$.

El nivel de beneficio obtenido en el proceso multiproductivo se denota por:

$$B_2 = P_{X_G} \cdot X_{G_2}^* + P_S \cdot \tilde{X}_S(X_{G_2}^*) - CV_G(X_{G_2}^*) - C_R(\tilde{X}_S(X_{G_2}^*)) - CF_{G,S}$$

Si (como es de esperar) $B_2 > B_1$, esto indica que existen beneficios económicos provenientes del proceso de reutilización de los residuos. Esto es, las economías de alcance permiten que la producción conjunta de los productos X_G y X_S sea económicamente rentable, en especial al cambiar los gastos de eliminación de residuos en costos de la reutilización que se compensan con los beneficios adicionales de la venta o utilización de los subproductos reaprovechados X_S .

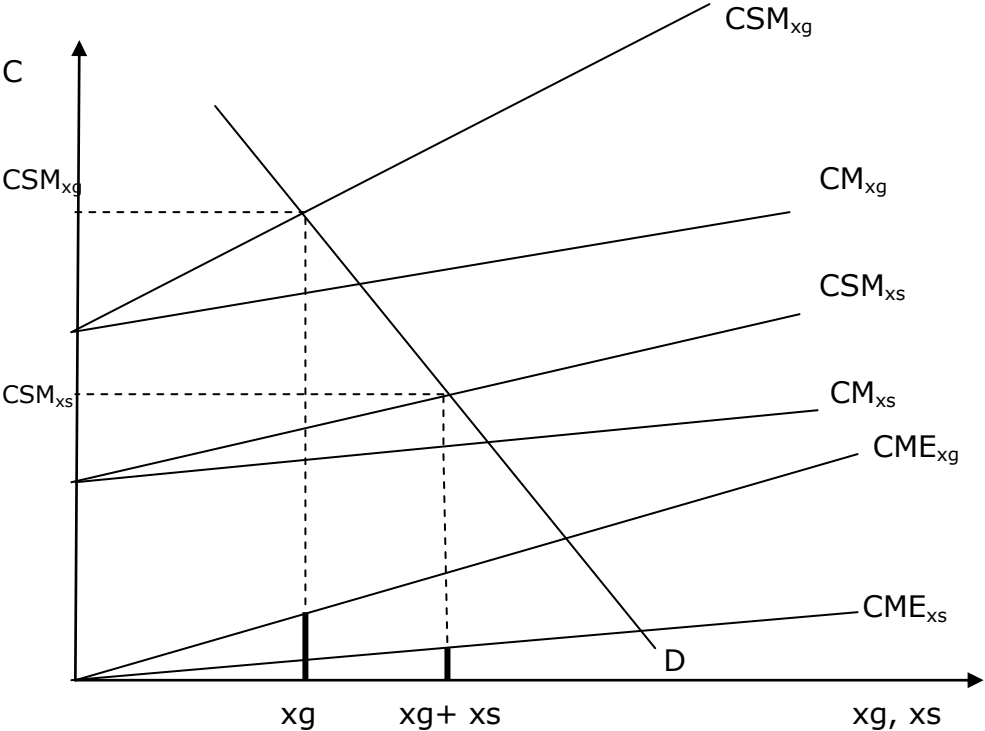
El modelo indica que, en la medida en que existan economías de alcance, o la posibilidad de efectuar un aprovechamiento económico de los residuos ganaderos, existe un incentivo para que los productores efectúen una reutilización de los desechos (Cristiano, G., 2018). Se obtiene entonces una solución a la problemática de la externalidad generada que apuntaría en el presente caso a una solución privada a la problemática de la externalidad, por la vía del aprovechamiento de las economías de alcance productivas. La efectividad de tal solución depende de diversas condiciones, entre ellas cuestiones vinculadas a la escala, tecnología y precios.

Si la firma realiza el tratamiento de los residuos y modifica el proceso productivo, pasando de monoprodutora a multiprodutora, disminuye significativamente la externalidad. Esto puede verse en el Gráfico I. Las curvas que se detallan en las siguientes líneas corresponden a la empresa monoprodutora que se dedica a la producción de carne proveniente de ganado vacuno (x_g). La curva CM_{x_g} representa la curva de costo marginal. CME_{x_g} representa el costo marginal externo y la curva CSM_{x_g} indica cuál es el costo para la sociedad que representa cada nivel de producción llevado a cabo por la firma. Como se mencionara anteriormente, el costo social marginal es la suma del costo marginal privado y el costo externo. D es la curva de demanda (ó beneficio marginal).

Si la empresa se reconvierte a multiprodutora, y produce otros subproductos (x_s), las curva de costo marginal privado, costo marginal externo y costo social marginal serían CM_{x_s} , CME_{x_s} y CSM_{x_s} respectivamente.

Gráfico I: Efectos externos causados por empresas monoprodutoras y multiprodutoras

Gráfico I: Efectos externos causados por empresas monoprodutoras y multiprodutoras



Fuente: Elaboración propia

Los niveles de producción correspondientes a la firma son x_g y x_g+x_s en caso de ser una firma monoprodutora o multiprodutora respectivamente. Como puede apreciarse, el efecto externo negativo es menor en el último caso, señalado por la línea gruesa vertical. El costo social marginal también es menor en caso de que la empresa sea multiprodutora.

Desde el punto de vista social, el pasaje de producción simple a la multiproducción acarrea la disminución del costo social de la externalidad (que representa una mejora del beneficio de la sociedad en su conjunto no percibida por el agente).

Bajo el supuesto de que aquí se reutiliza todo el residuo de la producción, esta disminución de costo social está dada por $C_e(e(X_{G1}^*))$; podría decirse entonces que el costo social disminuiría significativamente a partir del tratamiento de estos residuos.

A tal efecto cabe mencionar que sería deseable contar con el accionar conjunto de diversos actores sociales (sector productivo, organismos científicos-tecnológicos y Estado) para poner en marcha este tipo de emprendimientos que contribuyen no sólo a mitigar los impactos negativos sobre el medioambiente, sino también porque incrementarían el valor agregado de las empresas agropecuarias (y por ende, de la región en la que se localizan) por medio del tratamiento de residuos (Cristiano, G., 2018). El Estado debería fomentar este tipo de actividades conducentes a disminuir los impactos nocivos al medio ambiente por medio de políticas de promoción, en las que se contemplen líneas de financiamiento promoviendo el uso de bioenergías -entre otras-, tendientes a lograr sinergias regionales.

IV- LA RECONVERSIÓN DE LA EMPRESA AGROPECUARIA: DE MONOPRODUCTORA A MULTIPRODUCTORA. ESTUDIO DE CASO

En los párrafos siguientes se abordará el caso de un productor representativo de la región de CORFO (Corporación de Fomento del Río Colorado), localizado en la zona de riego de Pedro Luro. Posee un establecimiento de 300 hectáreas y la infraestructura y equipamiento necesarios para llevar adelante el engorde a corral, tal 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 m² por animal). 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, J., 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.

En cuanto al manejo habitual del estiércol, se realiza una única limpieza de los corrales una vez finalizado el ciclo de engorde (esto es, cada tres meses), depositándolo en lotes contiguos a los corrales de encierre. A los efectos de considerar el futuro tratamiento de los mismos, se construye una fosa impermeabilizada con geomembrana para depositar al mismo, dado que, dependiendo de las características del suelo y de las condiciones ambientales, esta actividad suele provocar la salinización del mismo (fundamentalmente en los primeros 30 cm debido al exceso de materia orgánica depositada) y la contaminación de la napa freática.

Teniendo en cuenta la empresa caracterizada en el apartado anterior, en este punto se analizará la posibilidad de producir fertilizante orgánico a partir del tratamiento del estiércol (no se considera la posibilidad de producir energía por tratarse de un establecimiento de pequeña escala). Al estar emplazada en un área irrigada por medio de más de 5000 Km de canales de riego (considerando los primarios, secundarios y terciarios), 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 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.

Marcos Bragachini (Bragachini et al, 2015) estima que este estiércol posee un 20% de materia seca, lo que equivaldría a 81Tn de materia seca al mes. De acuerdo a la literatura consultada, existen diferencias entre las diferentes proporciones de nutrientes por Tn. de materia seca. Siguiendo a Pordomingo (Pordomingo, 2014) una tonelada de excrementos de bovinos (orina más heces) contiene en promedio 5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 4 kg de potasio. Si no se considera la fracción líquida, el excremento resulta en 2,5 kg de nitrógeno, 1 kg de fósforo y 0,8 kg de potasio.

En la Tabla I puede apreciarse la cantidad de nutrientes que podrían generarse mensual y anualmente:

Tabla I: Cantidad de nutrientes

NUTRIENTES	Kg/mes	Tn/año
N	202,5	2,43
P	81	0,972
K	64,8	0,777
TOTAL	352,3	4,18

Fuente: Elaboración propia.

Algunos de los fertilizantes comerciales más comúnmente empleados para la reposición de nutrientes son: Urea, cuyo componente principal es el N (46%), Fosfato Diamónico (16% de P) y Cloruro de Potasio (60% de K). Los precios por tonelada se exponen en la Tabla II:

Tabla II: Fertilizantes comerciales. Precio por Tonelada

FERTILIZANTE	NUTRIENTE (en %)	U\$/Tn
UREA	46% N	410
FOSFATO DIAMÓNICO	16% P	495
CLORURO DE POTASIO	60% K	400

Fuente: Elaboración propia en base a datos de Revista Márgenes Agropecuarios. Octubre de 2017.

A partir de esos porcentajes de N, P y K es posible inferir el precio por tonelada de estos nutrientes (Tabla III) y estimar el ahorro en costo de fertilizante que percibe la empresa.

Tabla III: Ahorro en costo de fertilizante

NUTRIENTE	U\$/Tn	TN/AÑO	Ahorro en costo de fertilizante (en U\$/año)
N	891	2,43	2165
P	3093,75	0,972	3006,39
K	666,67	0,777	518
TOTAL	----	4,18	5689,39

Fuente: Elaboración propia.

La producción de este biofertilizante no conlleva a erogación monetaria alguna para el productor, dado que utiliza la maquinaria, las instalaciones y la mano de obra permanente afectada a la producción de carne y pasturas. El costo de acarreo y aplicación es el equivalente al de la remoción del estiércol luego de cada ciclo de engorde y al de la aplicación habitual de los fertilizantes químicos, respectivamente (Cristiano, G., 2018). El adecuado tratamiento de estos residuos orgánicos pueden representar una nueva fuente de ingresos (o constituir un ahorro de costos) para la empresa agropecuaria, dado que el adecuado tratamiento de los mismos posibilitaría contar con fertilizante orgánico y, en caso de lograr la escala productiva adecuada.

V- CONCLUSIONES

La problemática medioambiental es un tema prioritario en la agenda del sector público y, en algunos casos puntuales, en la del sector privado. A nivel mundial, este hecho se puso de manifiesto en la década del '70. Así, la evaluación del impacto ambiental se ha ido convirtiendo en una necesidad para mitigar los efectos negativos que se generan a partir del accionar del hombre, ya sea como consumidor o como productor.

La Teoría Neoclásica, a través de sus referentes pioneros en este tema –Arthur Pigou y Ronald Coase-, dio inicio al estudio de esta problemática muchos años antes, haciendo distinción entre los costos privados de producción y los costos sociales al proponer distintos mecanismos tendientes a disminuir los costos externos negativos derivados de las actividades de producción. De este modo, la solución radicaba en la aplicación de impuestos y en la asignación de los derechos de propiedad para resolver las cuestiones inherentes a la contaminación por medio del otorgamiento de derechos de propiedad. Posteriormente, se planteó el mecanismo de mercado como forma de disminuir las externalidades negativas por medio de la comercialización de permisos negociables para contaminar.

En base a lo anteriormente mencionado, este trabajo tuvo como objetivo presentar otra forma de dar tratamiento a las externalidades negativas provenientes de actividades productivas que generasen residuos orgánicos con la finalidad de disminuir los efectos nocivos causados por estos al medio ambiente. Se formuló un modelo en el que se

consideró reconvertir a una empresa monoprodutora en multiprodutora, teniendo en cuenta la posibilidad de transformar esos desechos orgánicos en subproductos con elevado potencial de ser comercializados en el mercado. La justificación por la que se seleccionó un establecimiento perteneciente a la región de CORFO Río Colorado para el estudio de caso se fundamentó, por un lado, al observar el cambio producido en su mapa productivo y, por otro, porque se trata de una de las cuencas hídricas más importantes del país, hecho que amerita repensar en proyectos que sean compatibles con la preservación del recurso y su entorno. En particular, los establecimientos ganaderos comenzaron a producir carne vacuna bajo la modalidad de *feedlots*, comúnmente denominado engorde a corral. Ello acarrea diariamente una cantidad de estiércol que necesariamente debe ser tratada para disminuir la contaminación ambiental hacia el aire, agua y suelo. La ganadería es una de las actividades responsable de las emisiones de gas metano y, consecuentemente, del efecto invernadero. De allí que resulta necesario implementar mecanismos y generar incentivos económicos que conduzcan al tratamiento de este tipo de residuos.

BIBLIOGRAFIA

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

Bragachini, M., Mathier, D., Sosa, N. y Bragachini, M. (2015). Oportunidades de la bioenergía en el sector agropecuario: efluentes y cultivos energéticos. Disponible en <http://inta.gov.ar/documentos/oportunidades-de-la-bioenergia-en-el-sector-agropecuario-efluentes-y-cultivos-energeticos>. Recuperado el 20 noviembre de 2015.

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. Dpto. de Economía. UNS.

Eskeland, G. y Jiménez, E. (1992). Policy instruments for pollution control in developing countries. The World Bank research observer. Vol. 7, Nº 2, pp. 145-169.

Henderson, J. y Quandt, R. (1958). Microeconomic theory. A mathematical approach. Ed. Mc. Graw Hill. London.

Ley Nº 14867: Regulación de *feedlots*. Disponible en <http://www.gob.gba.gov.ar/legislacion/legislacion/l-14867.html>.

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.

Panzar, J. y Willig, R. (1981). Economies of scope. The American Economic Review, Vol. 71, Nº. 2. Papers and Proceedings of the Ninety-Third Annual Meeting of the American Economic Association.

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

Vázquez Manzanares, V. M (2014). Externalidades y medioambiente. Revista Iberoamericana de Organización de Empresas y Marketing, Nº 2.

