

EL SECTOR DE GANADERÍA BOVINA EN COLOMBIA. APLICACIÓN DE MODELOS DE SERIES DE TIEMPO AL INVENTARIO GANADERO*

NOEL JOSÉ CUENCA JIMÉNEZ**
FERNANDO CHAVARRO MIRANDA***
OSCAR HUMBERTO DÍAZ GANTIVA****
ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA

(Recibido: Noviembre 7 de 2007- Aprobado: Mayo 21 de 2008)

Resumen

Este documento realiza una estimación del inventario ganadero bovino en Colombia, tendiente a dar luces sobre la probabilidad de las políticas de desarrollo ganadero en el país, básicamente con miras a aportar instrumentos metodológicos como modelos Arima y otros modelos de series de tiempo en la estimación del inventario ganadero en Colombia. El análisis comienza con una revisión de la importancia de la ganadería en la teoría del desarrollo económico, para luego continuar con la estimación de métodos de estimación univariada sobre las probabilidades de alcanzar los inventarios de ganado bovino de acuerdo al plan de desarrollo ganadero hacia el 2019 en concordancia con el desarrollo sectorial y nacional.

Palabras clave: Ganadería, desarrollo rural, inventario ganadero, modelos de series de tiempo.

THE BOVINE CATTLE IN COLOMBIA. APPLICATION OF TIME SERIES MODELS TO NATIONAL INVENTORY

Abstract

This document makes an estimation of the bovine cattle inventory in Colombia, tend to give lights on the probability of the policies of cattle development in the country, basically with a view to contributing methodological instruments like Arima models and other models of series of time in the estimation of the cattle inventory in Colombia. The analysis begins with a revision of the importance of the cattle ranch in the theory of the economic development, then continues with the estimation of methods of estimation univariate on the probabilities of reaching the inventories of bovine cattle according to the plan of cattle development towards the 2019 in agreement with the sectorial and national development.

Key words: Cattle, rural development, Arima Models and time series.

JEL: D63.

Cuenca, N. & Chavarro, F. & Díaz, O. (2007). El sector de ganadería bovina en Colombia. Aplicación de modelos de series de tiempo al inventario ganadero. Revista Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Militar Nueva Granada, XVI,(1).

* Resultados de investigación del Centro de Estudios Económicos y el programa de economía de la Escuela Colombiana de ingeniería. Línea de investigación: Economía Urbana, Rural y Regional. Ha contado con el Apoyo logístico de FEDEGAN en sus políticas sectoriales.

** Economista y MsG(C) en Economía Universidad Nacional, Profesor Universitario. Correo electrónico: ncuenca@escuelaing.edu.co

*** Economista, MsG de la Universidad de los Andes, Profesor Escuela Colombiana de Ingeniería. Correo electrónico: fchavarr@escuelaing.edu.co

**** Economista del programa de economía de la Escuela Colombiana de Ingeniería. Correo electrónico: heavysero@hotmail.com

1. Introducción

A ganadería colombiana ha mostrado importantes avances en las últimas décadas. Este proceso ha implicado políticas institucionales del Estado Colombiano y el esfuerzo gremial de la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN). Con el apoyo financiero por los recursos parafiscales canalizados por el Fondo Nacional de Ganado (FNG). Pese a la obtención de logros significativos en el aspecto sanitario, transferencia tecnológica y modernización de los procesos de sacrificio, el ritmo de transformación del sector no es suficiente frente al escenario actual de globalización, siendo necesario agilizar dicho proceso de modernización de la ganadería colombiana.

El proceso de globalización, caracterizada por los acuerdos bilaterales de libre comercio, establece una importancia fundamental del mercado de carnicos a la ganadería nacional, considerando el sector con un alto potencial dentro de las exportaciones agropecuarias, que además puede llegar a verse afectado en la medida en que los acuerdos comerciales, posibiliten el acceso al mercado nacional de productos provenientes de países considerados potencias ganaderas mundiales.

La meta debe ser convertir a Colombia en otra potencia ganadera, para lograr el acceso real a los diferentes mercados del mundo e incrementar el mercado interno. Si bien se cuenta con factores favorables (tierras, animales, genética, fortaleza gremial y cultura ganadera) también existen grandes carencias como la falta de educación básica para fundamentar la transferencia tecnológica, insuficiencia de la infraestructura rural y bajo nivel de organización empresarial, formalidad, acceso al crédito y mecanismos de capitalización rural efectivos, entre otros (DNP, 2005).

Con el propósito de potenciar los aspectos positivos y reconocer los negativos para posteriormente mejorarlos, surge la formulación de objetivos enca-

minados a la consecución de una meta final, acompañados de estrategias, las cuales se encuentran consignadas en el Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana (CEGA 2019)¹.

En la actualidad la ganadería colombiana, participa con cerca de 3,6% del PIB Nacional, un porcentaje apreciable para una actividad individual y sobre todo rural. Dentro del sector agropecuario su importancia es indiscutible, con un 27% de participación dentro del PIB agropecuario y un 64% de PIB pecuario. En cuanto al inventario ganadero bovino, se cuenta con los registros administrativos producto de las campañas de vacunación de vacunación contra la fiebre aftosa y la brucelosis, realizada en la última década, que sirven como referencia a la información generada por otras fuentes².

La estructura de producción ganadera en Colombia esta lejos de ser homogénea, si bien han mejorado notablemente en nuevas razas, pastos forrajeros, nutrientes, entre otros. En efecto, la producción se caracteriza según la siguiente estructura: Extractivo (6,2%), pastoreo extensivo tradicional (61,4%), pastoreo extensivo mejorado (28,4%), pastoreo intensivo mejorado (3,5%) y confinamiento (menor 1%). (Arango, G. 2000, Pág. 89-89). Esta estructura es determinante en las posibilidades de desarrollo y contribución de la ganadería a la actividad económica agregada.

Estructuralmente el inventario ganadero bovino esta compuesto por un 56% en hembras y 44 % son machos. De acuerdo con cifras del DANE, 60% del hato se destina a la producción de carne (cría, levante y ceba), el 38 al doble propósito (producción de carne y leche) y el restante 2% a la lechería especializada.

La primera parte del artículo se revisa la relación entre la ganadería y el desarrollo económico, la segunda parte hace un análisis de las variables importantes en el comportamiento del inventario ganadero,

¹ Documento en el cual se expone el estado actual del sector ganadero en Colombia, sus objetivos a 2019, y la formulación de estrategias, con miras a convertir la ganadería en una industria rentable, sostenible y próspera con responsabilidad social.

² Centro de Estudios Ganaderos y Agrícolas (CEGA), Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), entre otros.

la tercera y cuarta parte se refieren a los modelos de series de tiempo utilizados en la post-estimación del inventario.

2. La ganadería y el desarrollo económico

La teoría del desarrollo económico mantiene una relación positiva y decreciente entre el crecimiento económico y el sector agropecuario. La idea del desarrollo del siglo XX consideraba que gran parte del cambio estructural de una economía, implicaba una disminución del sector primario en su participación en el PIB, y un aumento significativo de los sectores modernos en la dinámica de la economía (Syrquin, 1988).

En este contexto los modelos desarrollistas implementados en Colombia, tendieron a reducir de forma significativa la participación del sector primario en la economía. No obstante, la estrategia de los países capitalistas avanzados como Australia, Canadá y Nueva Zelanda, consistente en utilizar su abundancia relativa de recursos en el apalancamiento del desarrollo económico. En otro caso, se evidencia un rol negativo en el crecimiento económico de la abundancia de recursos naturales, en la perspectiva de que esta riqueza permitía la financiación de conflictos nacionales y fortalecía el mantenimiento de economías con sistemas corruptos y rentistas. (Sachs y Wagner, 1997).

La relación entre el valor agregado agrícola en el PIB y el ingreso per capita es inversa. Esto es los mayores ingresos per capita a nivel mundial se relacionan de forma negativa con la participación del valor agregado agrícola. Es evidente que el mayor efecto en los países de ingresos altos lo tienen los sectores modernos como la industria manufacturera y los servicios, ver Ilustración 1.

Esta relación negativa ha sido explotada en los procesos de desarrollo económico, el mismo carácter de la denominada vía occidental del desarrollo. El modelo de sustitución de importaciones implementado en América Latina y en varias economías en desarrollo, fungía especialmente un cambio estruc-

tural tendiente a forjar una estructura industrial y disminuir así la base del modelo centro-periferia.

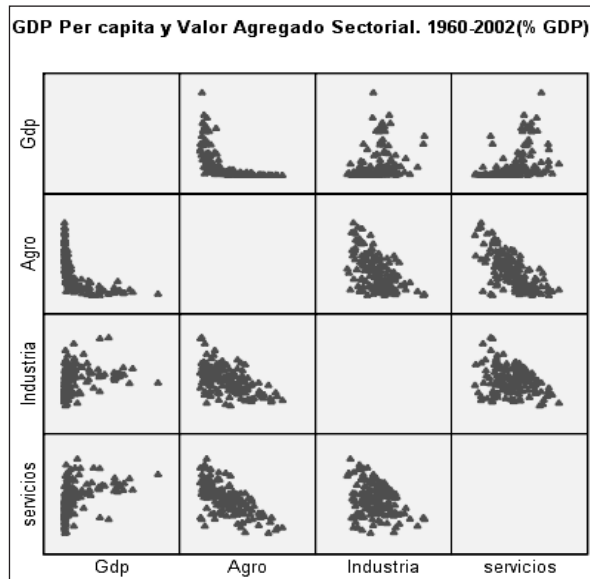
Las políticas seguidas en América Latina después de los 50s se fundamentan en reducir el rol del sector agropecuario en el crecimiento económico y en general del desarrollo. Encausadas hacia el fortalecimiento de los sectores modernos en las economías latinoamericanas, generan un sesgo significativo en contra del campo. El crecimiento económico colombiano en el último siglo ha rondado un nivel promedio histórico de 5% promedio anual. Los mayores niveles de crecimiento de la economía Colombiana están asociados fundamentalmente cuando la industria actuaba como motor del crecimiento económico. Esta relación implicaba no solo una fuerte crecimiento, sino la sostenibilidad del mismo. Es evidente que Colombia alcanzó una gran transformación estructural de su economía con una mayor presencia de sectores modernos, con un abandono significativo del sector primario (Greco, 2002. Pág. 25).

La estructura agrícola y ganadera producto de la transformación estructural de Colombia en el siglo XX, esta también relacionada fundamentalmente por las políticas sesgadas contra el sector primario de los modelos desarrollistas. De forma directa e indirecta las políticas macroeconómicas afectan el sector a través de los precios relativos y la rentabilidad relativa entre sectores. La política general tiene efectos negativos no compensados por las políticas sectoriales, que en conjunto discriminan contra el sector. (Bejarano, J. 1998, Pág. 159).

Por la vía de los modelos desarrollistas, los enfoques de cambio estructural, en especial los análisis insumo-producto enfatizan la importancia del establecimiento de sectores líderes en el desarrollo económico. En los modelos insumo-producto de Leontief y el desarrollo de Hirschman han considerado que los procesos de desarrollo económico implicaban el incentivo a sectores de mayor valor agregado, con la visión de enlaces hacia atrás (Hirschman, A. 1964).

La ganadería y el sector agrícola mantienen bajos enlaces hacia atrás y hacia delante (Ver Ilustración 2). Al contrario el sector manufacturero presentan fuertes enlaces hacia atrás y hacia delante. Esto im-

Ilustración 1. GDP y valor agregado sectorial³



Fuente: Los Autores. Datos del Banco Mundial. 2004

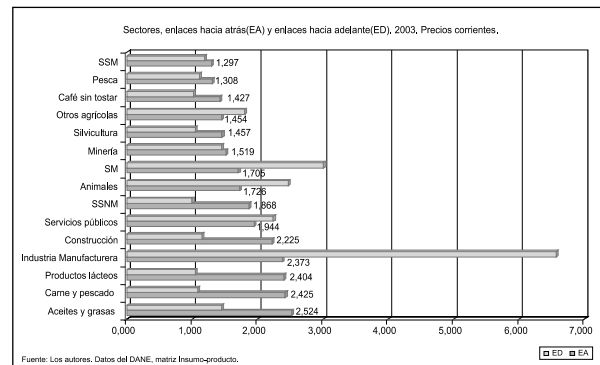
plica la importancia de los sectores modernos en el desarrollo económico. En gran parte, las políticas de cambio estructural implicaron un menor énfasis en el desarrollo rural.

No obstante, el rol dado a la agricultura y a la ganadería industrializada, como sectores que permiten ser parte de la demanda de bienes manufactureros de una parte, y ser productor de insumos necesarios en el desarrollo industrial, además de generar excedentes exportables necesarios en la acumulación. Por supuesto, esto implica el desarrollo capitalista del campo. Generando estructuras productivas con mayor integración con otros sectores, como se puede ver en la Ilustración 2.

En el análisis básico los efectos de encadenamientos a través de los enlaces hacia atrás y hacia delante de los sectores primarios son inferiores a los sectores

modernos⁴. Esta visión es consistente con los resultados encontrados en los procesos históricos del desarrollo económico. En la visión de Hirschman los sectores de mayores enlaces hacia atrás deberían ser los sectores claves del desarrollo.

Ilustración 2. Precios Insumo Producto⁵



No obstante la caída del sector primario, no implicaba su desaparición, sino al contrario un fortalecimiento enorme del capitalismo agrícola, con desarrollo e innovación tecnológica. Es necesario construir las bases en la conformación de un rol estratégico con enlaces con los sectores modernos de la economía.

La teoría básica sobre la producción de bienes primarios considera que estos están sujetos a shocks de precios internacionales, en lo que se ha definido como caída tendencial de largo plazo de los términos de intercambio. Este es un factor negativo para las finanzas públicas y en general para la acumulación de una nación en desarrollo. Este es el caso de la evolución de los productos agrícolas a nivel mundial⁶.

En Colombia el sector agropecuario aunque sigue manteniendo una representación significativa de la producción, existe en el último siglo una tendencia a disminuir su importancia en el marco de las políticas desarrollistas aplicadas en el país. En este sentido,

³ Elaboración propia a partir de datos del Banco Mundial.

⁴ Los enlaces hacia atrás y hacia delante se obtienen de la matriz insumo producto a través del método de la inversa. Los enlaces hacia atrás surgen de la siguiente relación: $EA = [1] \cdot [I - A]^{-1}$. Los enlaces hacia delante se obtienen de la forma: $ED = [I - A]^{-1} \cdot [1]$

⁵ Elaboración propia a partir de datos del Departamento Nacional de Estadística –DANE–.

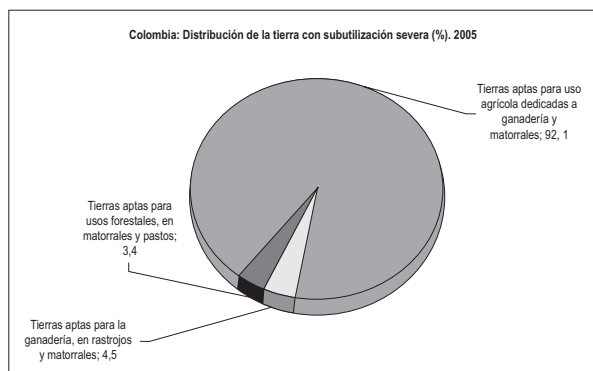
⁶ Este es el análisis fundamental de las tesis Prebisch-Singer en lo que se denomina en teoría del desarrollo el modelo Centro-periferia.

se creó un sesgo contra la agricultura y en general el campo. Así para algunos investigadores, la importancia del sector agrario en la economía moderna, implican la pérdida de validez de las políticas de reforma agraria (Balcazar, 2001)⁷. No obstante, la evidencia muestra en el sector agropecuario en Colombia se define en gran medida la violencia endémica del país, sino también en gran medida la lucha contra la pobreza y la inequidad.

Las políticas desarrollistas incentivaron en gran medida el sesgo contra la economía rural, se sustentaban en gran forma en el cambio estructural de los modelos aplicados en el continente. En efecto, el valor agregado agrícola y pecuario es cada vez menor en el PIB.

Los datos de concentración y uso de la tierra son alarmantes en términos de las posibilidades de desarrollo. De acuerdo al IGAC el 90% de la actividad pecuaria corresponde a la ganadería Bovina. No menos importante, es que cerca del 92,1% de las tierras aptas para agricultura están dedicadas a ganadería y matorrales; mientras que el 4,5% de las tierras aptas para la ganadería, se dedican a rastrojos y matorrales, ver Ilustración 3.

Ilustración 3. Distribución de la tierra y sub-utilización severa⁸



El 4,2 millones de hectáreas se utilizan en la actividad agrícola, con una vocación de 10,4 millones de hectáreas. A la ganadería se dedica cerca de 41,7 millones de Hectáreas, pero su vocación es de solo 10,2 millones de Hectáreas. Esta situación refleja en gran medida el enfoque sesgado de las políticas de desarrollo emprendidas en Colombia. Es el reflejo del abandono del campo colombiano a la suerte del mercado y predominio del más fuerte, ver Ilustración 6. Lo anterior es la prueba contundente de la estructura bimodal que siguió Colombia desde los inicios de su vida republicana. Este problema estructural fue reconocido por la CEPAL desde los años 50s, por la Misión Leuret y la misión Colombia, que caracterizaron esta situación como el mayor lastre para el desarrollo económico.

Es fundamental incentivar una capitalización del campo tendiente a reducir la ganadería extensiva, hacia una estructura de propiedad racional con los niveles de desarrollo económico del país. Por supuesto, de lo que se trata es de dar orden al caos que predomina en el manejo agropecuario en Colombia. Reducir o eliminar la estructura bimodal debe ser parte de un cambio fundamental de estructura, que ha sido imposible en Colombia según la evidencia histórica.

Las políticas agrarias y la política ganadera en particular, requieren una estrategia enmarcada en un modelo de desarrollo a largo plazo. Las políticas relacionadas con el desarrollo ganadero son el núcleo no solo del desarrollo rural, sino también parte de la matriz de la violencia en Colombia.

Diversos estudios han mostrado como se ha presentado en las últimas dos décadas una gran concentración de la propiedad agraria (Ver tabla No. 1), que han llevado a un índice de concentración del Gini de la tierra de cerca de 0,95. Por factores de escala es imposible la explotación eficiente de grandes propiedades, como de la misma forma no es rentable la

⁷ En las dos últimas décadas se ha presentado en Colombia una contrarreforma agraria que ha conducido al país a una concentración de la tierra sin precedentes históricos. En efecto, la concentración de la tierra puede llegar a la situación en que solo 2160 propietarios pueden tener cerca del 65% de la tierra en el país (IGAC, 2002). De acuerdo a lo anterior el coeficiente de Gini para tierra puede llegar al increíble nivel de 0,95, uno de los mayores del planeta.

⁸ Elaboración propia, datos del IGAC (2003).

explotación de minifundios y/o microfundios. Esta estructura altamente concentrada y de formación bimodal es esencial para la transformación de las actividades pecuarias en el país (Minagricultura, 1994).

Tabla N° 1.

Distribución de la tierra por tamaños

Area(has)	Pre	Propietarios	Superficie	Participación
500 < 675	2.359	2.935	1.348.697,2	11,91
575 < 900	1.347	2.264	1.040.425,2	9,18
900 < 1200	949	1.583	968.105,7	8,55
1200 < 1600	594	931	809.919,3	7,15
1600 < 2100	379	704	700.346,9	6,18
2100 < 2800	271	371	654.918,5	5,78
2800 < 3750	233	334	744.481,9	6,57
3750 < 5000	166	236	715.071,1	6,31
5000 < 6700	109	153	612.595,0	5,41
6700 < 9000	82	103	636.177,0	5,62
9000 < 12000	60	97	611.524,3	5,40
12000 < 16000	46	90	629.162,4	5,55
Mayor 16000	68	124	1.856.454,0	16,39
Total	6.663	10.935	11.327.897,4	100,00

Fuente: Transformaciones en la estructura agraria. Minagricultura, Pag. 163,

La trascendencia de la política sectorial implica necesariamente grandes transformaciones estructurales relacionadas fundamentalmente con (Machado, A. 2003. Pág. 282).

- El rol del Estado en el desarrollo económico.
- Selección de cadenas productivas.
- La profundización de un modelo de desarrollo endógeno para el sector.
- El rol de la seguridad alimentaria como instrumento de desarrollo sostenible.
- La implementación de un desarrollo integral del campo colombiano.
- Aumento de las ayudas al campo colombiano.
- Recuperación de la investigación de nivel universitario sobre el modelo de desarrollo.

Una política de reforma agraria integral, asistencia tecnológica y de productividad al campo, la estructuración de un modelo de desarrollo no sesgado, o por lo menos con una estructura institucional que corrija los efectos negativos de la política económica y las estrategias limitadas de los modelos desarrollistas en Colombia.

Este documento realizara un análisis de series de tiempo según metodología Box-Jenkins sobre el inventario ganadero. Esto es fundamental para determinar la dinámica del sector de acuerdo a las políti-

cas del gobierno y del sector privado, contempladas el documento visión Colombia 2019.

3. Comportamiento histórico de las variables (1915-2005)

Un trabajo pionero al respecto en la estimación del inventario ganadero en Colombia ha establecido información sobre el Censo ganadero con variables relacionadas con inventario, extracción, tasas de mortalidad y natalidad entre otras. Este trabajo es fundamental en el establecimiento de estructuras cíclicas en la producción ganadera en Colombia (Loriente, 1990).

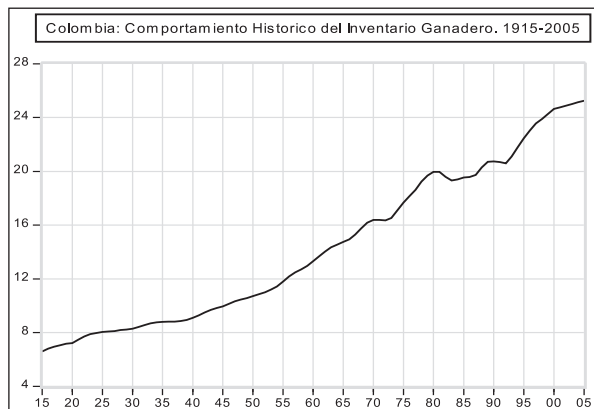
El análisis del comportamiento histórico de cada una de las variables debe iniciar con la representación de su información mediante gráficos lineales simples, que describan sus movimientos a lo largo del periodo mencionado 1915-2005.

Posteriormente, por medio de histogramas, se muestra la distribución de frecuencia de las variables con base en los datos obtenidos 1915-2005. El uso de este tipo de histogramas, otorga la posibilidad de comparar y observar medidas de tendencia central, que se presentan en la medida en la cual la variable se incrementa.

3.1. Inventario ganadero bovino 1915-2005

Del comportamiento del inventario ganadero mantiene una relación histórica de acuerdo a señales dadas por el mercado de la carne que implicaban para el ganadero sacrificar más o menos hembras de cría. En la fase de inversión implicaba un menor sacrificio de hembras y un alza de precios. Las haciendas ganaderas diseminaron nuevas razas por todo el territorio nacional, además de nuevas variedades de pastos mas productivos con una buena adaptación a las condiciones tropicales. (Kalmanovitz & López, 2007, 144). La Ilustración 4 corresponde al inventario ganadero bovino durante el periodo 1915-2005, muestra un comportamiento evidentemente creciente, pasando de 6'603.047 cabezas en 1915 a 25'245.716 cabezas en 2005, para un crecimiento ponderado de 73.84% a lo largo de los 90 años citados.

Ilustración 4. Comportamiento histórico del inventario ganadero (1915-2005)⁹



Para efectos de observar el crecimiento real del inventario ganadero bovino, conviene estimar la cifra correspondiente y posteriormente, realizar su gráfico. La tasa de crecimiento del inventario ganadero bovino, fluctúa en un rango de 5.4% aproximadamente, alcanzando un máximo de 3.57% en el año de 1973 y un mínimo de -1.8% en 1982, ver ilustración 5. El comportamiento de dicha tasa de crecimiento no posee una tendencia marcada, lo cual demuestra coherencia con los ciclos ganaderos. Conforme a los objetivos sectoriales, expuestos en el Plan Estratégico de la Ganadería Colombia (PEGA-2019), la cifra proyectada del inventario ganadero bovino al año 2019, es de 48 millones de cabezas, es decir, un incremento superior al 100%.

3.2. Tasa de natalidad 1915-2005

La tasa de natalidad del ganado bovino definida como el cociente entre el número de animales nacidos vivos y el inventario de hembras (compuesto por el 50% de las mayores de dos años y la totalidad de las mayores de tres años), muestra una tendencia central creciente, con pequeños ciclos. La disminución más significativa que refleja el gráfico (además de ser comprobada mediante el cálculo variación porcentual de la tasa de natalidad), se presenta en el año 1982,

lo cual confirma la cifra negativa, mencionada en el mismo año, para la variable tasa de crecimiento del inventario ganadero bovino. De igual manera, el incremento más importante que se observa se encuentra en el año 2003, ver Ilustración 6.

Ilustración 5. Crecimiento histórico de inventario ganadero¹⁰

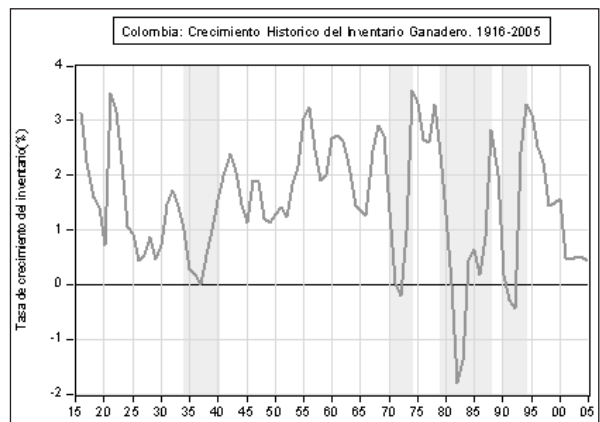
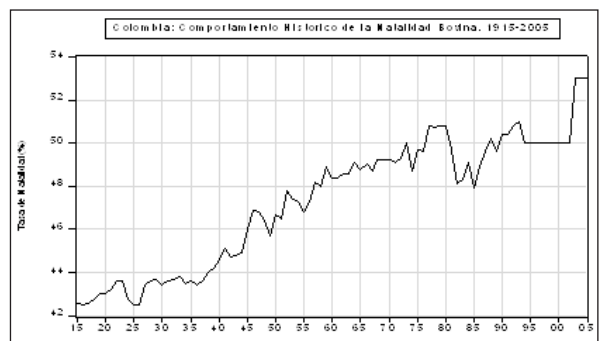


Ilustración 6. Natalidad Bovina (1915- 2005)¹¹



Los valores que la tasa de natalidad ha presentado con mayor frecuencia durante su proceso de incremento son en su orden 43%, 50% y 49%. Alcanzar la cifra deseada por el PEGA-2019 de inventario ganadero bovino, implica incrementar al 70% el valor de la tasa de natalidad (Ver Anexo 1).

⁹ Elaboración propia a partir de datos de Fedegan. (2007).

¹⁰ Elaboración propia a partir de datos de Fedegan. (2007).

¹¹ Elaboración propia a partir de datos de Fedegan. (2007).

3.3. Tasa de mortalidad 1915-2005

A lo largo del periodo 1915-2005, la tasa de mortalidad muestra fuertes fluctuaciones hasta finales de la década del 30, caracterizada por la colonización y ampliación de la frontera agropecuaria. Los valores máximos alcanzados por ésta variable se encuentran a mediados de la mencionada década (1934, 1935 y 1937), superando el margen del 30%. A partir del año 1937, el valor de la tasa de mortalidad empieza a caer aceleradamente hasta el año de 1956, donde se estabiliza hasta 2005 en valores que oscilan entre el 4.04% y 4.16%, ver Ilustración 10. El valor actual de la tasa de mortalidad es bajo y conforme a los objetivos propuestos por el PEGA-2019; de hecho, el histograma de frecuencias afirma como el valor de la variable ha permanecido constante desde mediados de los 50's hasta la fecha.

3.4. Tasa de Extracción 1915-200

Los datos de extracción utilizados, hacen referencia directa al sacrificio de animales para el consumo interno y las exportaciones legales. La gráfica del comportamiento histórico de la tasa de extracción posee una tendencia central al alza. No obstante, es pertinente mencionar su comportamiento cíclico, que parece responder a los periodos de retención y liquidación ganadera¹². Si bien el comportamiento de la variable es cíclico, se observa que en el año de 1952, está la caída más grande (comprobado mediante el cálculo de la tasa de variación porcentual de la tasa de extracción) y tres años más tarde se presentaría el incremento más significativo. (Pérez, G. 2004). El valor máximo alcanzado por la tasa de extracción en Colombia fue en el año de 1981 con 19.05%. En el año 2002, la tasa de extracción tuvo un valor de 13.8%, el más bajo desde 1967 (Ver Ilustración 7).

El histograma de frecuencias de la tasa de extracción, muestra que los valores que más se han pre-

sentado son cercanos al 16%. Desde el año 1978 (con excepción de 2002), el valor de extracción se ha ubicado por encima del 15%, pero para el cumplimiento de crecimiento proyectado del hato al 2019 según el PEGA, alcanzará el 20%.

4. Pruebas estadísticas sobre las series y eliminación de tendencias

Para la obtención de estimaciones con propiedades estadísticas adecuadas de los parámetros de un modelo ARMA (como el que se pretende llevar a cabo), es necesario que las series que utilizamos para la estimación sean estacionarias en media y varianza, es decir que se debe precisar en que la serie no tenga tendencia, y que presente un grado de dispersión similar en cualquier momento de tiempo¹³. Normalmente, se puede llevar a cabo el cálculo de la serie de logaritmos y/o diferenciar adecuadamente las series originales, para posteriormente estimar el modelo adecuado.

Diferentes pruebas de estacionariedad y raíz unitaria se han desarrollado, siendo la más común la desarrollada por Dickey-Fuller (1979)¹⁴. De esta forma las series correspondientes a las tasas de natalidad, mortalidad y de extracción, y por su puesto, el inventario ganadero bovino se evalúan a partir de esta metodología, donde se contrasta tanto el orden de integración apropiado como el patrón estacional para cada caso.

Según los resultados de las pruebas de Dickey-Fuller (Anexo 3), se encuentra que las series inventario, natalidad, mortalidad y tasa de extracción son integradas de orden uno, con lo cual se puede afirmar que, en las series diferenciadas no hay evidencia de raíz unitaria. Adicionalmente se calcula la prueba Durbin-Watson¹⁵ para cada una de las variables, las cuales poseen valores cercanos a 2, descartando la evidencia de algún tipo de auto correlación.

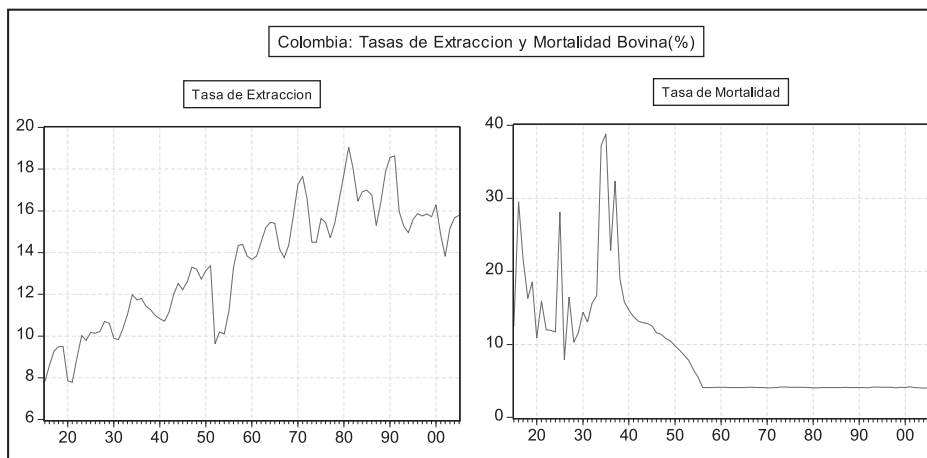
¹² El ciclo ganadero, alude al comportamiento cíclico del sector, en el cual los ganaderos toman la decisión de destinar al animal para el consumo (sacrificio) o para capitalización (crianza), lo cual conlleva a dicho comportamiento.

¹³ El análisis estadístico ha sido realizado con la ayuda de software econométrico como Eviews 5.0 y Stata 9.0. (2005).

¹⁴ La propuesta Dickey-Fuller plantea la relación entre la serie y el intercepto, tendencia, rezagos de la variable dependiente y el término de error. Si este último es estadísticamente distinto de cero, la serie es estacionaria en media, concluyendo así la no evidencia de la existencia de raíz unitaria. $\Delta y_t = \beta_1 + \beta_2 t + \gamma y_{t-1} + \varepsilon_t$

¹⁵ El método de Durbin Watson busca rechazar la hipótesis nula de no autocorrelación. Si DW es cercano a 2, no existe autocorrelación; por el contrario si es cercano a 0 o 4, existe autocorrelación positiva y negativa respectivamente.

Ilustración 7. Tasa de extracción y mortalidad bovina¹⁶



Con el propósito de investigar la relación dinámica, se realiza el test de Granger, el cual determina la dirección de la causalidad entre dos variables. Los resultados muestran que la tasa de natalidad es causal del inventario, y a su vez la tasa de extracción y el inventario se causan mutuamente (aunque en mayor medida la tasa al inventario). Un tercer test, evidencia que la natalidad es causal de la tasa de extracción (Anexo 4).

Luego de llevar a cabo las pruebas estadísticas pertinentes, se pretende realizar la estimación del modelo, mediante series diferenciadas. Así, para efectos de predicción es necesario recalcular las series integrando nuevamente la serie, de la forma como se presenta en (1).

$$(1) \ y_t = y_{t-1} + \Delta y_t(1)$$

5. Identificación del modelo

En la estimación de los modelos, el problema principal parte de identificar el modelo que mejor describe la serie a predecir (en este caso el inventario ganadero bovino), siendo la clave de una buena pre-

dicción, la determinación de los órdenes del autorregresivo (AR) y de la media móvil (MA).

Para la obtención del orden (p,q) se realiza la comparación entre las características de dos importantes funciones estadísticas como los son la función de auto correlación (FAC), y la función de auto correlación parcial (FACP), instrumentos fundamentales para la identificación del modelo, pues de allí se logra inferir el verdadero comportamiento que han generado los datos (Enders, 1995, 78-212).

Dado que la variable dependiente en el modelo es el inventario ganadero bovino, se efectúa el gráfico de las funciones anteriormente mencionadas FAC y FACP (Anexo 5), con el objeto de analizar la estructura de dependencia temporal. El gráfico de la FAC, decrece rápidamente hacia cero, sin embargo se puede considerar el coeficiente del primer rezago como significativo, que puede determinar el orden de la media móvil MA (1). Por su parte, la FACP, posee tres coeficientes significativos, correspondientes a los rezagos 1,2 y 10, que pueden describir el orden del proceso autorregresivo AR (1,2,10).

Luego de estimar los posibles ordenes de la variable dependiente, se calculan los correlogramas cruzados

¹⁶ Elaboración propia a partir de datos de Fedegan. (2007).

dos, entre cada una de las variables independientes (natalidad, mortalidad y tasa de extracción) contra el inventario ganadero bovino, determinando así su estructura de dependencia temporal.

El primero de los correlogramas cruzados es entre la diferencia del inventario y la diferencia de la natalidad. En él se observa, la posible dependencia temporal en los rezagos 1 y 10. La correlación presentada en estos dos rezagos es directa (relación positiva con respecto al inventario).

El segundo correlograma, muestra la dependencia entre la diferencia del inventario y la diferencia de la mortalidad. De aquí se deduce que la mortalidad y el inventario ganadero bovino son variables totalmente independientes, puesto que ninguno de los rezagos presenta alguna correlación relevante. Así, se deduce que la mortalidad no debe ser incluida en el modelo explicativo del inventario, pues no tienen dependencia temporal alguna.

El último de los correlogramas cruzados, enfrenta la diferencia del inventario con la diferencia de la tasa de extracción. En él se puede observar que los tres primeros rezagos mantienen una dependencia temporal (1, 2 y 3), cuya correlación es inversa (relación negativa con respecto al inventario), al igual que el noveno rezago.

Luego de observar las dos funciones de auto correlación, al igual que los correlogramas cruzados, se formula la ecuación que describe el modelo. Se pudo visualizar dentro del correlograma de la variable dependiente (inventario), que los posibles órdenes tanto para el proceso autoregresivo como de media móvil son: AR (1,2,10) y MA(1). El rezago 10, de la función de auto correlación parcial, es considerado como no típico (es decir, que no corresponde a los primeros valores), de manera que no se tendrá en cuenta (Otero, 1993, Pág. 209).

Por otra parte, encontramos que la función auto correlación decrece rápidamente haciéndose prácticamente nula en el tercer rezago, razón por la cual tampoco será tenido en cuenta el orden del proceso de media móvil que anteriormente se había considerado MA (1).

Dado que nuestras variables explicativas son la diferencia de la natalidad y la diferencia de la tasa de extracción, luego de observar los correlogramas cruzados, se decide hacer un proceso similar al que se llevó a cabo con el rezago atípico 10 de la función de auto correlación parcial, de manera que en la identificación del modelo, tendremos como rezagos significativos el primero de la diferencia de la natalidad y a su vez, los tres primeros de la diferencia de la tasa de extracción.

A partir del proceso de identificación, la siguiente ecuación describe el comportamiento de la diferencia del inventario ganadero bovino, con un orden de modelo AR (1,2), ver en (2) y (3)

$$(2) \quad \Delta y_t = \beta_0 + \beta_1 \Delta x_{t-1} - \beta_2 \Delta z_{t-1} - \beta_3 \Delta z_{t-2} - \beta_4 \Delta z_{t-3} + \varepsilon_t \quad (2)$$

En donde:

Δy_t = Diferencia del inventario ganadero bovino
 Δx_t = Diferencia de la tasa de natalidad
 Δz_t = Diferencia de la tasa de extracción
 ε_t = Término de error

El término de error a su vez estará definido en (3).

$$(3) \quad \varepsilon_t = \phi_1 \varepsilon_{t-1} + \phi_2 \varepsilon_{t-2} \quad (3)$$

6. Estimación y validación del modelo

La fase de la estimación consiste en la obtención de unos valores numéricos para los parámetros β y ϕ del modelo previamente identificado, de forma que contengan buenas propiedades estadísticas. Para ello, la metodología ARIMA, usada por diferentes programas, realiza un proceso de búsqueda iterativo de tales valores, de prueba y error, hasta obtener los valores óptimos, puesto que las ecuaciones de resolución no son lineales. Conforme a la búsqueda iterativa de las estimaciones, la ecuación que ya ha sido identificada, quedará de la siguiente forma al sustituir los coeficientes obtenidos, los cuales se encuentran en la salida del modelo en (4) y (5).

$$(4) \quad \Delta y_t = 225581 + 19581(\Delta x_{t-1}) - 78367(\Delta z_{t-1}) - 72070\beta_3(\Delta z_{t-2}) - 39034(\Delta z_{t-3}) + \varepsilon_t \quad (4)$$

En donde:

$$(5) \quad \epsilon_t = 1.219736(\epsilon_{t-1}) - 0.4986804(\epsilon_{t-2})$$

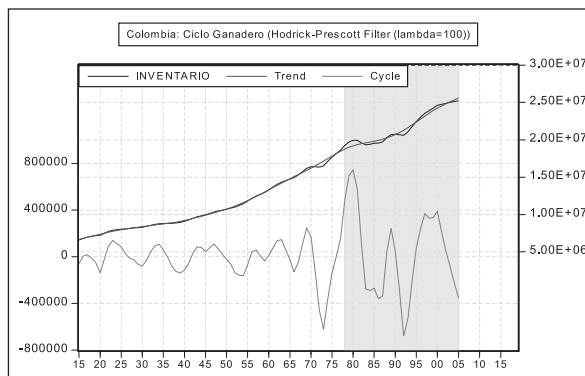
Al ser formulada la diferencia del inventario ganadero bovino con AR (1,2), donde el coeficiente de AR (1) es positivo mientras el de AR (2) es negativo, se deduce que las desviaciones de la diferencia media de los inventarios tienen una tendencia a crecer de manera inestable, pues en el penúltimo periodo existe una fuerza que contrarresta el crecimiento del último periodo, haciendo que el inventario retorne a su condición de equilibrio de largo plazo.

Cuando se observan los criterios y contrastes estadísticos, arrojados por el modelo se tiene un coeficiente de determinación ajustado R^2 con valor de 0.801, lo cual significa que aproximadamente el 80% de la variación en la diferencia del inventario, es explicado por las variaciones en las diferencias de la natalidad en el periodo inmediatamente anterior y los tres periodos anteriores de la diferencia de la tasa de extracción, que responden en gran medida al ciclo ganadero.

Claramente la ganadería como muchos otros sectores en la economía presenta fluctuaciones cíclicas, ver Ilustración 8. Durante todo el periodo de estudio se presentan ciclos del inventario bovino, con una mayor profundización en el periodo 1978-2002. Es evidente que múltiples factores han afectado el ato ganadero, como las variables tradicionales relacionadas con el sector como el PIB de la economía, la mortalidad, natalidad, tasa de extracción entre otras. Entre muchos estudios merece destacarse el trabajo de Rosen et al (1993), donde se muestra como los ciclos ganaderos están relacionados con la actividad económica agregada, y en particular, las relaciones frecuentes entre las iteraciones de demanda y oferta, con fuertes rezagos a través del tiempo de los stock ganaderos.

Otros dos criterios de validación del modelo, hacen referencia al contraste t de significación de parámetros¹⁷ y el contraste F de significación conjunta o global¹⁸. Los valores arrojados por la salida afirman la significancia de cada uno de los parámetros estimados, con un nivel de confianza del 95%; aunque cabe añadir que el parámetro que acompaña la diferencia de la tasa de natalidad, cuenta con un valor estadístico t que supera por muy poco el valor 1.96 de significancia. El contraste de significación conjunta cuenta con un estadístico F lo suficientemente alto. Adicionalmente, se usa el gráfico de los errores como validación del modelo. En dicho gráfico no existe un comportamiento sistemático en los errores, puesto que no existe un patrón regular de comportamiento, no posee tendencias. Se puede afirmar que fluctúan en torno a su valor medio.

Ilustración 8. Ciclo ganadero¹⁹



7. Post-estimación (2006–2019)

Luego de ser seleccionado el modelo, puede pasarse a la etapa de predicción o post-estimación, la cual se realiza a partir del último dato del periodo mues-

¹⁷ El contraste t pretende dilucidar si el estimador del parámetro que acompaña a cada variable es significativamente distinto de cero, esto es, si efectivamente la variable tiene influencia significativa en la explicación de la dependiente. Se considera que la significancia de los parámetros se produce cuando el valor del estadístico t sea superior a 2, con un nivel de confianza del 95%.

¹⁸ El contraste F realiza el análisis conjunto de significatividad de los parámetros, contrastando la nulidad de todos los parámetros del modelo. Se asume que se rechaza la hipótesis nula de nulidad de todos los parámetros cuando el valor del contraste F sea mayor de 6. Lo habitual es que el estadístico F supere holgadamente esta cifra.

¹⁹ Elaboración propia a partir de datos de Fedegan.

tral (2005). Dado que el valor de la diferencia del inventario está explicado por los cambios en la natalidad y la tasa de extracción, se requieren valores para estas dos variables en el periodo 2006–2019, con el objeto de obtener valores aproximados del inventario ganadero bovino. Resulta útil analizar el comportamiento del modelo si hubiera tenido que hacer una predicción dentro del periodo histórico ya conocido (1915–2005). Para ello se lleva a cabo el gráfico del ajuste del modelo. El modelo formulado, capta adecuadamente el movimiento fluctuante del cambio en el inventario.

Los valores predichos para las variables independientes durante el periodo 2006–2019, son generadas mediante modelos ARMA, que describen adecuadamente el comportamiento histórico de la variables. Las dos variables, responden a modelos en los cuales, luego de calcular el logaritmo de las series, se identifica el modelo con las ecuaciones (6) y (7).

$$(6) \text{Log}(y_t) = \beta_0 + \beta_1 \text{trend} + \beta_2 y_{t-1} + \varepsilon_t, (5)$$

(Modelo para la Tasa de Natalidad AR(1))

$$(7) \text{Log}(y_t) = \beta_0 + \beta_1 \text{trend} + \beta_2 y_{t-1} + \theta_1 a_{t-1} + \varepsilon_t, (6)$$

(Modelo para la Tasa de Extracción ARMA (1,1))

Al interpretar cada una de estas expresiones, se encuentra que tanto la natalidad como la tasa de extracción, están en función de una tendencia (trend) y de sus propias desviaciones de dicha tendencia, en el periodo inmediatamente anterior (y_{t-1}). Adicionalmente, la tasa de extracción se ve afectada por eventos aleatorios que la afectan en el periodo anterior (a_{t-1}), los cuales se incorporan en t.

Después de ser incluidos los valores para las variables independientes, se lleva a cabo la post-estimación del modelo. Paralelamente, se estimó un modelo univariado para la serie correspondiente al inventario bovino, cuyos resultados luego de realizar la post-estimación, reflejan un crecimiento autónomo de la serie, con un valor mayor al arrojado por el modelo estimado anteriormente. El modelo fue identificado como AR (1,2), tal y como se identificó con un correlograma.

8. Comentarios finales

La ganadería en Colombia ha evolucionado en el siglo XX especialmente a través de las mejoras en razas, pastos y nutrientes. Sin embargo sigue predominando la ganadería extensiva, como la principal forma de explotación ganadera dentro de la estructura altamente heterogénea.

La ganadería, y en general, el sector agropecuario no figuran como sectores líderes objeto de las políticas de desarrollo, sin embargo en Colombia tienen un valor estratégico para el desarrollo nacional. Estas pueden ser incorporadas a través de un proceso de desarrollo equilibrado con sectores modernos de la economía.

Profundizar las reformas de cambio estructural de la actividad productiva de un país no se logra con políticas improvisadas y desarticuladas, al contrario requieren de un manejo sistémico que comienza con el cambio de la estructura institucional, como contexto valioso de cambio, en el cual se reproduce el sistema económico. La evidencia presentada por el modelo sugiere que, el cambio en la tasa de extracción es una de las variables más importantes, como determinante del valor del cambio en el inventario ganadero bovino, periodos inmediatamente anteriores, tendrán una repercusión importante sobre el inventario. La diferencia de la natalidad como variable independiente del modelo, es significativa con un nivel de confianza del 95%. De incrementarse dicho nivel al 99%, la variable ya no sería incluida en el modelo. La dependencia temporal (correlación) que existe entre el cambio en el inventario y el cambio en la tasa de extracción es mucho más significativa que la existente con el cambio en la tasa de natalidad.

Los resultados predichos por los modelos (tanto el compuesto por variables independientes como el univariado del inventario) para el valor del inventario ganadero bovino en el periodo 2006–2019, guardan coherencia con los valores que han sido registrados históricamente. Valores superiores a los predichos por ambos modelos, requieren de un cambio estructural en la evolución de las variables, es decir, una modificación de fondo en cada uno de los componentes que propician tanto el incremento como la reducción del inventario.

Dadas las condiciones estructurales del modelo (ordenes AR, variables independientes y rezagos de las mismas), toda post-estimación que se lleve a cabo, estará limitada y difícilmente alcanzará valores superiores a los predichos. Para tratar de aproximar el proceso generador de valores para las variables independientes (natalidad y tasa de extracción) en el periodo 2006 – 2019, fueron utilizados modelos ARMA, lo cuales generaron estimadores bastante significativos permitiendo realizar proyecciones que se ajustan bien a los valores observados para cada una de las variables.

El modelo identificado para la diferencia del inventario ganadero bovino, posee un buen ajuste con respecto a los valores registrados por la serie, describiendo su comportamiento en el periodo 1915 – 2005. Se sugiere involucrar en el estudio de los modelos de este tipo, el movimiento de los precios del ganado (flaco y gordo), como variable determinante que logra capturar la situación económica general. De igual manera se sugiere la inclusión de precios correspondientes al mercado sustituto del pollo y el consumo per cápita de carne de res.

9. Referencias

- Arango, G. (2000). Estructura Económica Colombiana, 9 Edición, Bogotá: McGrawHill.
- Balcazar, A. (2001). "Los supuestos fundamentales de la Reforma Agraria y su validez Actual", en *Revista de economía Institucional*, Número 4, 1 Semestre.
- Bejarano, J. (1998). *Economía de la Agricultura*, Bogotá: Tercer Mundo Editores, Universidad nacional, IICA, Fonade.
- CEGA- Centro de Estudios Ganaderos Agrícolas. (1997). *Coyuntura Colombiana*, Vol. 14, No. 2, Bogotá: CEGA.
- DNP (2005). *Visión Colombia II Centenario*, Bogotá: DNP, Planeta y Presidencia de la República.
- Enders, W. (1995). *Applied Econometric Time Series*, USA: John Wiley and Sons Inc.
- FEDEGAN (2002). *La ganadería bovina en Colombia 2003-2004*, Bogotá: FEDEGAN.
- FEDEGAN (2006). *Plan Estratégico de la Ganadería Colombiana 2019 - PEGA 2019*, Bogotá: Fedegan.
- GRECO (2002). *El Crecimiento económico Colombiano en el Siglo XX*, Bogotá: Fondo de Cultura Económica, Banco de la República.
- Hirschman, A. (1964). *La Estrategia del desarrollo Económico*, México: Fondo de Cultura Económica.
- Kalmanovitz, S. & E, López. (2007). "Aspectos de la Agricultura Colombiana en el Siglo XX", en James Robinson y Miguel Urrutia (ED.), *Economía Colombiana en el siglo XX*, Bogotá: Fondo de Cultura Económica- Banco de la República.
- Lorente, L. (1990). "Un modelo de población ganadera", en *Coyuntura Agropecuaria*, vol. 7, No. 2, CEGA, segundo trimestre.
- Machado, A. (2003). "La Cuestión Agraria frente al Neoliberalismo", en RESTREPO, Dario, *La Falacia Neoliberal*, Universidad Nacional.
- MINAGRICULTURA (1994). *Transformaciones en la estructura agraria*, Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Otero, M. (1993). *Econometría Series Temporales y Predicción*, Barcelona: Editorial AC.
- Pérez, G. (2004). *Los Ciclos Ganaderos en Colombia 1950-2001*, Banco de la República, Centro de Estudios Económicos Regionales, Cartagena.
- Rosen, M. & Scheinkman, J. (1993). "Cattle Cycles", en *NBER, Working Paper* No. 4403.
- Sachs, J & Wagner, A. (1997). "Natural Resource Abundance and Economic Growth", en CID: Harvard University.
- Stata Corp (2005). *Stata Statistical Software: Release 9*, United States of America: College Station.
- Syrquin, M. (1988). "Patterns of Structural Change", en H. Chenery and T. Srivivasan, *Handbook of Development Economics*, Elsevier Science Publishers.