



ASOCIACION ARGENTINA
DE ECONOMIA POLITICA

LIV REUNIÓN ANUAL | NOVIEMBRE DE 2019

Nueva Estructura de Valor del Sector Agropecuario de la Provincia de Córdoba

Monzani, Federico
Carranza, Juan Pablo
Piumetto, Mario Andrés
Salomon, Micael Jeremias
Polo, Renzo Enrique

Nueva estructura de valor del sector agropecuario de la provincia de Córdoba

Federico Monzani

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de
Economía y Finanzas

Juan Pablo Carranza

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Económicas, Instituto de
Economía y Finanzas

Mario Andrés Piumetto

IDECOR
Secretaría de Ingresos Públicos, Ministerio
de Finanzas de la Provincia de Córdoba.

Micael Jeremías Salomón

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Económicas

Renzo Enrique Polo

Universidad Nacional del Litoral
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas

Mariano Augusto Córdoba

Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
CONICET

Resumen:

Conocer la estructura del valor del suelo rural y su evolución posibilita la comprensión de las peculiaridades del sector agropecuario. Facilitando a los hacedores de política el análisis, planificación y toma de decisiones en relación al sector.

Con el objeto arriba planteado, se aproximó a la nueva estructura de valor del suelo rural a través de modelos de inteligencia artificial, más precisamente la técnica estadística de random forest; y se observó su evolución en relación a la reflejada por el método comparativo de zonas de aforo proporcionada por la Dirección General de Catastro de la Provincia de Córdoba.

En este sentido se identificó un cambio de la estructura en el valor del suelo rural, particularmente en el noreste de la provincia, producto del cambio tecnológico y el uso de una nueva función de producción agropecuaria.

Código de clasificación JEL: Q18, R11, R32

Palabras claves: valor de la tierra rural, inteligencia artificial, estructura de valor

Abstract:

Estudie the structure of rural value and its evolution makes possible to understand the peculiarities of the agricultural sector. Facilitating the policy makers to analysis, planning and take decision in relation to the sector.

For the purpose of the plant, the new value structure of rural land is proposed through artificial intelligence models, more precisely the statistical technique of the random forest and the evolution reflected with the comparative methods of those mentioned. In this sense, a change in the structure of the value of the land is expected.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos 50 años la Argentina en general, y la provincia de Córdoba en particular, ha atravesado un profundo cambio tecnológico en su sistema productivo agropecuario. En una primera instancia es razonable pensar que las fuerzas históricas, políticas, legales, culturales, forman parte de la explicación, relacionadas con factores externos, nuevo orden mundial (BM –Banco Mundial, FMI –Fondo Monetario Internacional, OMC – Organización Mundial de Comercio-, PAC -política agropecuaria de la comunidad europea-, fomento de los biocombustibles, mal de la vaca loca - encefalopatía espongiforme bovina (BCE) -, incorporación de China OMC).

En una segunda instancia, el cambio tecnológico acontecido encuentra su explicación en factores de índole interna, tales como políticas económicas agropecuarias (cambios de políticas liberales y proteccionistas) políticas tecnológicas agropecuarias (nueva tecnología –plantas transgénicas, siembra directa, uso de herbicida y rotación soja – maíz). Que ocasionan cambios en la frontera agrícola, en el uso de suelo, en el área sembrada entre leguminosas y gramíneas, en los nutrientes del suelo y sus propiedades intrínsecas (pH, materia orgánica, fosforo, potasio, etc.). El nuevo sistema productivo agropecuario cambia la función de producción y desarrolla una agroindustria basada en aceites para consumo o para biocombustibles y una industria pecuaria sustentada en el confinamiento animal fundada en harina o expeller de soja y granos de maíz o granos de destilería (origen maíz) y maíz o algún otro producto energético.

De las condiciones arriba mencionadas, de índole fácticas, surge un fenómeno interesante a analizar ¿Cómo se originó, desarrolló y afianzó a lo largo del tiempo este nuevo sistema productivo agrícola?

Con el objeto de comprender la pregunta arriba enunciada y afianzar las ideas mencionadas, se propone analizar los cambios en la nueva estructura de valor de los suelos rurales, al comparar los valores de las zonas de afuera a través de método comparativo desarrollado por Catastro de la provincia de Córdoba y el método de valuación masiva por medio de técnicas de aprendizaje automático.

Con este propósito se desarrollará un modelo basado en un algoritmo conocido como Random Forest (Breiman, 2001) los cuales se consideran a) más flexibles - pues levantan los supuestos de la estadística clásica -, b) no aditivos - pues son anidados, permitiendo observar la no linealidad de las variables y c) robustos – no asumen una función de distribución de la variable. La nueva estructura de valor estimada a través de la técnica de random forest y la comparación con las estructuras de valor anteriores, definidas por el método comparativo de aforos (Guerrero, D. 1994), permitirán observar los cambios en el sistema productivo agropecuario. Aunque ambas metodologías para aproximarse a la estructura del valor son distintas, surgen de la observación y construcción de agentes económicos vinculados al sector.

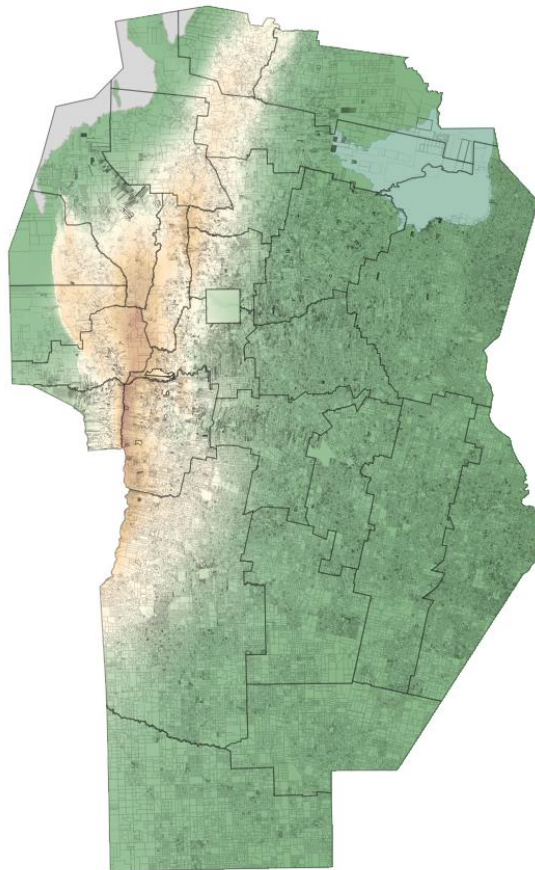
En función a lo expresado arriba, el objetivo del presente artículo consiste en analizar la evolución del sistema productivo agropecuario como proceso de fuerzas históricas, políticas, legales, culturales de cambios de factores externos e internos y reafirmar la construcción a través de comparar la vieja con la nueva estructura de valor del sector rural.

Seguidamente el trabajo se estructura de la siguiente manera, en la sección 2- se presenta el área de estudio. La sección 3- enfoque metodológico, en la sección 4- marco histórico, la evolución del sistema productivo agropecuario 5- el modelo, comparación entre la nueva y vieja estructura de valor. Para finalmente desarrollar las conclusiones en la sección 6

2. El área de estudios

El área de estudio corresponde al sector rural de la provincia de Córdoba que ocupa una superficie de 165321 km², dividida en aproximadamente en 208000 parcelas rurales y administrativamente en 26 departamentos. A grandes rasgos el relieve de la provincia se caracteriza por ser de sierra y de llanura. Donde el sector serrano ocupa la porción occidental del territorio, la llanura ocupa una extensa zona al oeste, este y sur de la provincia. La gran diversidad de su topografía, clima y suelo genera diferentes aptitudes y capacidades de uso. Encontrándose al este las tierras con mayor potencial, mientras que al oeste se ubican los suelos de menor aptitud. En este sentido el 51% del suelo, aprox. 84000 km², es de potencial agrícola, mientras que el 40%, aprox. 67000 km², tiene capacidad de uso ganadera. En función de esta caracterización, se puede afirmar que la Provincia de Córdoba es una provincia agropecuaria donde el 90% de sus suelos poseen aptitud agrícola – ganadera.

Mapa físico y político de la provincia de Córdoba



3. Enfoque metodológico

Se propone dar respuesta a la inquietud arriba planteada a través de la postura filosófica del realismo crítico, la cual sostiene que la realidad, si bien existe y es independiente a los seres humanos, no puede ser conocida de manera absoluta, sino que el conocimiento sobre ella solo se puede aproximar. Pero, además, admite como concepción ontológica, a

la realidad social y económica como sistema abierto, estructurado, dinámico (en un sentido evolutivo e histórico). Reconociendo a la sociedad como un entramado estructural e institucional complejo, en la que interactúan en forma sistémica seres humanos creativos e intencionales, sujeto a estructuras sociales que emergen como resultados de las acciones e interacciones de los agentes, que a su vez los condicionan y lo habilitan. Esta concepción del pensamiento utilizado por la economía heterodoxa considera que cualquier fenómeno analizado, no puede explicarse por la identificación de un factor determinado y una mera relación causa - efecto. Sino más bien por múltiples factores relacionados entre sí mediante una estructura compleja (Lawson, T. 2009).

El estudio de las distintas fuerzas que influyen el sistema de producción agropecuaria se desarrollará en la sección 4 “marco histórico, la evolución del sistema productivo agropecuario” se acompañará con un modelo de inteligencia artificial basado en el algoritmo random forest se presenta en la sección 5 “el modelo, comparación entre la nueva y vieja estructura de valor” con el propósito de aproximarse a la comprensión de los cambios del sistema productiva a través de la modificación de la estructura de valor.

4. Marco histórico, la evolución del sistema productivo agropecuario

Siguiendo las ideas del realismo crítico y considerando que la conducta de los seres humanos es producto de las estructuras sociales (fuerzas históricas, políticas, legales, culturales) de la época y del espacio en que habitan. Las políticas agropecuarias económicas de la Argentina y de la provincia de Córdoba no quedaron exentas a esta realidad.

En el plano económico, siguiendo a las ideas de boga de la época, el péndulo fluctuó entre ideologías de carácter liberal y nacionalistas proteccionistas. En el inicio de su historia como nación, la clase gobernante Argentina respaldada por las ideas independentistas de la Revolución Francesa, avaló una estructura económica de libre comercio, libre movilidad de factores productivos y especialización en la producción que fueron fundamentadas en la teoría de ventajas comparativas de David Ricardo. La especialización internacional de comercio, a la cual aboco Argentina, fue estimulada por las políticas económicas liberales de esos tiempos y favorecidas por un cambio tecnológico, la máquina a vapor, que disminuyó los costos de transporte. Esto permitió posicionar Argentina como un país de zona templada exportadora de productos primarios extensivos (Trigo, Maíz, Lino), poseedora del factor tierra en forma abundante e importadora de bienes finales y factores productivos como capital (Gran Bretaña, EEUU, Francia) y trabajo (Italia, España, Inglaterra y países de Europa oriental, entre otros.) (Cortés Conde, R. 1997).

A partir de la primera guerra mundial (1914), la crisis del 30 y de la segunda guerra mundial (1939) empezaron a tener fuerza un conjunto de doctrinas sociales, políticas y económicas que comenzaron a dominar el pensamiento internacional. Basadas en los pensamientos del alemán Friedrich List, surgió una corriente nacionalista que, aunque creía en las libertades individuales, consideraba la primacía del bienestar nacional sobre individual. Estas tendencias filosóficas se manifestaron en corrientes políticas opositoras al libre comercio y defensoras del proteccionismo con el objeto de desarrollar la industria nacional.

Con el fin de la segunda guerra mundial, surgen un conjunto de ideas intervencionistas, fundadas en el pensamiento keynesiano, como una síntesis entre las corrientes liberales y proteccionistas, promotoras del Estado de Bienestar. En este sentido se da nacimiento a un conjunto de instituciones supranacionales, como el Fondo Monetario Internacional (FM), El Banco Mundial (BM) y la Organización Mundial de Comercio (OMC) que

tienen por objeto estabilizar los vaivenes económicos mundiales y fomentar los lazos entre los países con el propósito de evitar las grandes masacres producidas por las guerras. Con la crisis del '73, conocida como la crisis del petróleo, surgen con un nuevo impulso en el mundo académico y político, un conjunto de ideas liberales que pretenden reducir al mínimo la intervención estatal en materia económica y social, defendiendo el libre mercado de capitales como el mejor garante del equilibrio institucional y crecimiento económico. Fundamentadas por la Escuela de Chicago, esta corriente del pensamiento económico pretendió dar respuesta al fracaso de las políticas Keynesianas.

En el plano de la economía monetaria, el nuevo orden mundial bimonetario –dólar euro-, siguió el pensamiento de la escuela de Chicago, estimulada por el FMI y su programa de consenso de Washington que consistió en incentivar la desregulación de la actividad financiera, estimular al sector privado, desestimular la intervención del estado, desregularizar la economía, incitar las privatizaciones, facilitar y fomentar la movilidad de capitales, llevaron a construir la estructura económica y social de la Argentina en estos tiempos.

Por el lado de la economía real, observada por medio del comercio internacional, a pesar de los esfuerzos que promovieron los países, luego de la segunda guerra mundial, en fomentar el comercio y afianzar lazos entre ellos, no volvió a ser el comercio internacional como el que existió al principio del siglo XX. La mayoría de los países se negaron a abrirse totalmente al comercio o bien se abrieron para luego cerrarse formando bloques, tal son los casos de la Comunidad Económica Europea (CEE) y MERCOSUR. Negociando en las distintas reuniones del GATT (Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio) primero y de la OMC después, como, qué bienes comerciar y de qué modo se llevará a cabo la movilidad de factores productivos. Los países desarrollados basados en las ideas de la Escuela de Chicago, estimularon la libre movilidad de capitales como el mejor garante del equilibrio institucional y crecimiento económico, de hecho era el factor abundante que poseían y que procuraban colocar en el resto del mundo. Sin embargo, no se trató de igual manera la movilidad del factor trabajo, ya que seguramente era de su interés proteger los salarios de su mano de obra. En relación a los bienes, también existió algo semejante, se incentivó el libre comercio de bienes industriales. Pero no fue tratado en la misma condición los bienes agropecuarios ya que existieron organismos supranacionales como la PAC (Política Agropecuaria Comunitaria) que intervinieron en los mercados agropecuarios de la comunidad, mediante fuertes subsidios a la leche, cuota lechera, cuota Hilton, precios sostén, sistema de retiro de las tierras. También los Estados Unidos por medio de sus políticas agropecuarias protegieron al sector, utilizando instrumentos semejantes a los de la PAC como precios sostén, ingreso sostén, sistema de retiro de tierra, políticas de seguro subsidiadas. Justificadas dichas políticas en una primera etapa, posterior a la segunda guerra mundial, en incrementar la producción, estabilizar y disminuir el riesgo de los mercados y evitar la migración del campo hacia la ciudad. Pero en una última etapa la argumentación cambió en pos de la seguridad, asistencia alimentaria y asuntos de conservación medio ambientales. Afectando este tipo de políticas, alguna de carácter arancelario y otras para arancelario, los mercados de bienes agropecuarios mundiales. En relación al producto agropecuario soja, era de poca relevancia en la época de las negociaciones del GATT y Europa no la considero en sus políticas proteccionistas, entrando actualmente libremente a Europa. Con el surgimiento de la encefalopatía espongiforme bovina (enfermedad de la vaca loca –declarada en el Reino Unido 1986-) se estimuló el comercio de harina de soja como base proteica de la dieta bovina, incentivando la producción de soja en los países con potencialidad de zona templada (Figueras A. J. 2008) .

Pero, a partir del siglo XXI, estas políticas proteccionistas de los mercados agropecuarios tienden a revertirse. En una primera instancia, debido al incremento en el déficit fiscal que estas políticas produjeron en los países industrializados, lo que generó un conflicto de intereses entre productores de bienes industriales y bienes primarios. Pero, además, provocó conflicto dentro de la Comunidad Europea entre los países productores de bienes agropecuarios como Francia y productores de bienes industriales como Alemania ya que los últimos tuvieron que financiar a los primeros.

En una segunda instancia, la entrada de la República Popular China a la OMC, el 11 de diciembre del 2001, modificó el orden internacional. China, productor de bienes industrializados, requiere de bienes primarios para producirlos y además para soportar la migración interna masiva de mano de obra con destino urbano. Este conjunto de factores trajo aparejado en la primera década del siglo XXI fuerte cambio de los precios relativos entre bienes industrializados y agropecuarios. Este cambio de los precios relativos se profundizó cuando comenzó a instaurarse la idea estimulada por un conjunto de países industriales importadores de hidrocarburos, de que se ve afectada la seguridad energética, en el sentido de que no existe una oferta adecuada a precios razonables. La subordinación a la importación de petróleo y las altas fluctuaciones de los precios, pone en evidencia el alto grado de sensibilidad de los países industrializados, volviéndose cada vez más vulnerables. Por tal motivo estos países industrializados han comenzado a tener en cuenta la posibilidad de cambiar su matriz energética haciendo énfasis en la producción de biocombustibles en base aceite de soja y alcohol de maíz. Pero a su vez, esta política ayuda a reducir el déficit fiscal ocasionado por las políticas agropecuarias, al atar los precios del sector a los precios del petróleo. Esto lo logran estableciendo cortes al petróleo con biocombustibles.

La Argentina se vio influida por el nuevo orden internacional en su sistema productivo agropecuario y desarrolló políticas económicas agropecuarias no intervencionistas en el sector en la década del '90 e intervencionistas en la primera década del siglo XXI con el objeto de atenuar las políticas internacionales y los ciclos de los commodities. Paralelamente se implementan políticas tecnológicas agropecuarias innovadoras que influyen fuertemente en el sistema productivo. En 1996, con la autorización de la Secretaría de Agricultura y Ganadería de la Nación para la producción de soja transgénica resistente a glifosato, se promovió un nuevo modelo agropecuario. Surgió, de esta manera, nueva función de producción para el sector, basada en uso de plantas transgénicas, rotación de cultivos (maíz – soja, trigo – soja de segunda o una combinación de ambos) y siembra directa.

Esta nueva tecnología, justificada en que la siembra directa permite mantener la cobertura completa del suelo con rastrojos del cultivo a lo largo del año, favorece la disminución de la erosión, la pérdida de la calidad de suelo y simplificar la producción. La rotación de cultivos, mediante la inclusión de gramíneas, genera un balance positivo de carbono del suelo que se traduce en un incremento de la materia orgánica y mejora su condición estructural. El aporte de residuos orgánicos y el mantenimiento de un balance positivo de carbono en el suelo es particularmente importante, ya que de él depende la actividad biológica global que a su vez mejora la porosidad, agregación y capacidad de almacenaje de agua (Barsky O, Gelmana J. 2009).

Esta nueva estrategia productiva fue impulsada, particularmente, por AAPRESID (Asociación Argentina de Productores de Siembra Directa) y un conjunto de semilleros y agroquímicas como Monsanto, Asgrow y Nidera, que pretenden mostrar que el uso del glifosato, herbicida de bajo poder residual y menos tóxico que los usados hasta el momento, las plantas transgénicas y el uso de la siembra directa tienen ciertas ventajas

productivas y económicas comparadas con la labranza convencional y muy estimulada por las facultades de agronomía e ingenieros agrónomos.

Se genera, de este modo, un nuevo sistema productivo Agroindustrial basado en la industria de aceites y biocombustibles, sustentada en el cultivo de soja (biodiesel) y maíz (bioetanol), obteniéndose como subproductos harina de soja rica en proteínas y granos de destilería como subproducto del maíz, ricos en minerales, vitaminas, proteínas y el grano de maíz rico en energía, muy utilizado en la dieta y producción animal, estimulando el desarrollo de los feed-lots (confinamiento animal) en la industria cárnica.

En suma, el nuevo sistema agropecuario argentino se fue fundando en los siguientes pilares: siembra directa, plantas transgénicas y rotación de cultivo. Una agroindustria sustentada en la producción de aceites (comestibles, biocombustibles), harina o expeller de soja y la producción de alcohol de maíz (comestibles, biocombustible) más su subproducto (grano de destilería). La industria cárnica basada en el confinamiento animal sostenida por la harina o expeller de soja, granos de destilería y granos de maíz.

La provincia de Córdoba no es ajena a estos cambios el nuevo orden mundial, a las políticas económicas agropecuarias, a las políticas tecnológicas agropecuarias, al surgimiento de la agroindustria y desarrollo de los sistemas de confinamiento animal, entre otros factores, que generaron una evolución en el sistema productivo de la provincia hacia una agricultura continua (basada en la producción de soja y maíz) y el desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas tradicionalmente mixtas, ganaderas y la cría hacia zonas marginales esencialmente el noroeste de la provincia de Córdoba.

5. El modelo, comparación entre la nueva y vieja estructura de valor

En este apartado, con el propósito de mostrar y ratificar los cambios acontecidos en la función de producción del sector agropecuario argentino, se desarrolla un análisis evolutivo-descriptivo de un conjunto de variables con el objeto de evidenciar el cambio estructural del sistema productivo. Posteriormente, por medio de un modelo de inteligencia artificial basado en un algoritmo de aprendizaje automático llamado Random Forest, se pretende observar la nueva estructura de valor del suelo y compararla con la existente a comienzos de siglo, con el objeto de apreciar a través del cambio en la estructura de valor los cambios en el sistema productivo agropecuario.

a- Análisis, descriptivo evolutivo de las variables del sector.

Por el lado de la agricultura, se observa la siguiente evolución del proceso productivo, donde en el gráfico 1 se puede observar la evolución del área sembrada, apreciándose un fuerte cambio de tendencia a partir de la aprobación de la soja transgénica (1996 -línea verde oscura en el gráfico-) y el nuevo sistema productivo basado en mayor agricultura (siembra directa – productos transgénicos – rotación gramínea leguminosa)

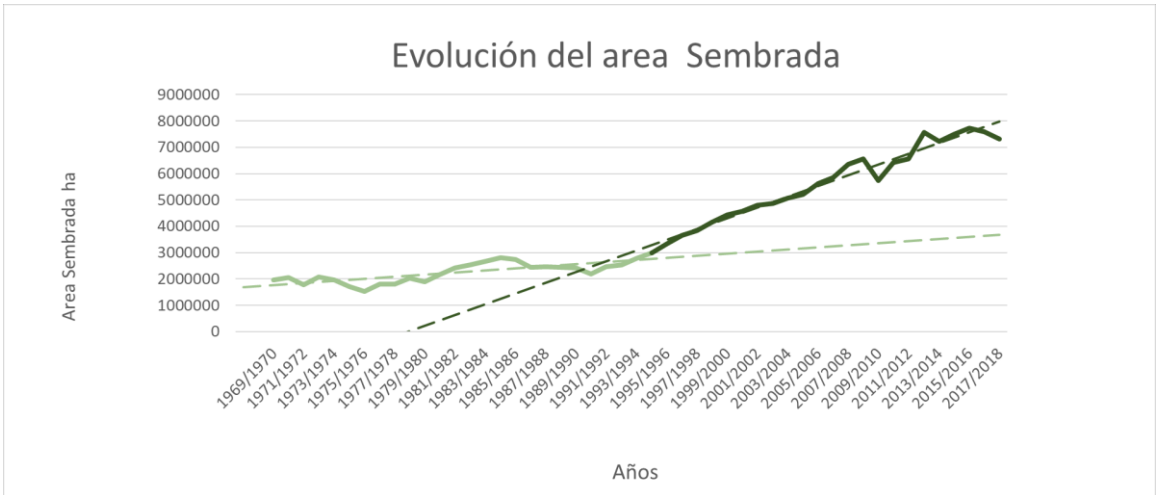


Gráfico 1

El grafico 2 presenta la distribución de cultivos en el nuevo sistema productivo, y se observa claramente el incremento del área sembrada de soja y maíz.

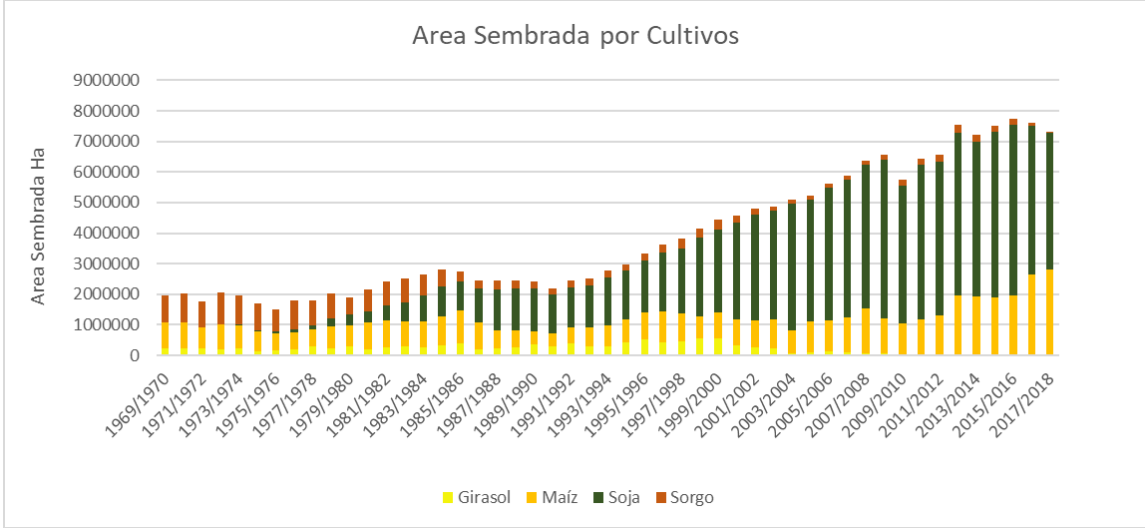


Gráfico 2

El gráfico 3, en tanto, refleja la evolución de la rotación entre gramínea y leguminosas del nuevo sistema productivo, en donde se aprecia el cambio hacia la producción de leguminosas, principalmente soja.

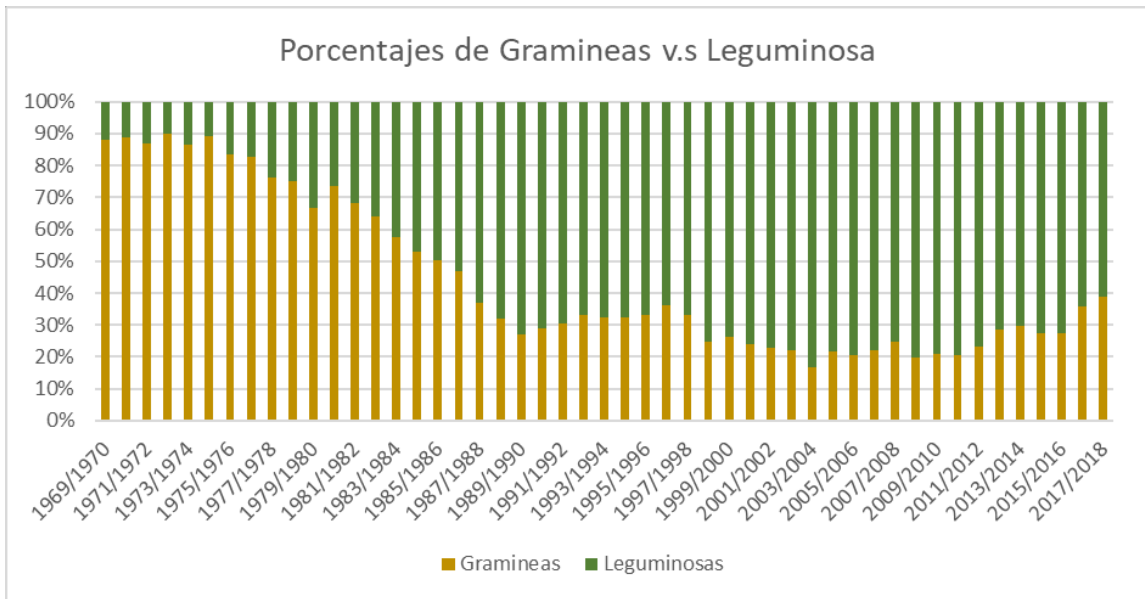


Gráfico 3

En el gráfico 4 se muestra la evolución del rendimiento por hectárea de los 4 principales cultivos de la provincia. Se aprecia una mayor tasa de crecimiento en el maíz y la soja por cada familia de cultivos (gramíneas, leguminosas), siendo los dos cultivos la base del sistema productivo agrícola de la provincia, sustento de la rotación entre leguminosa y gramínea. Lo que se pretende reseñar en el siguiente gráfico es que hay un fuerte estímulo en la provincia a fomentar el sistema productivo basado en la rotación soja – maíz, lo cual constituye una técnica muy arraigada en los distintos niveles educativos del sistema agropecuario.

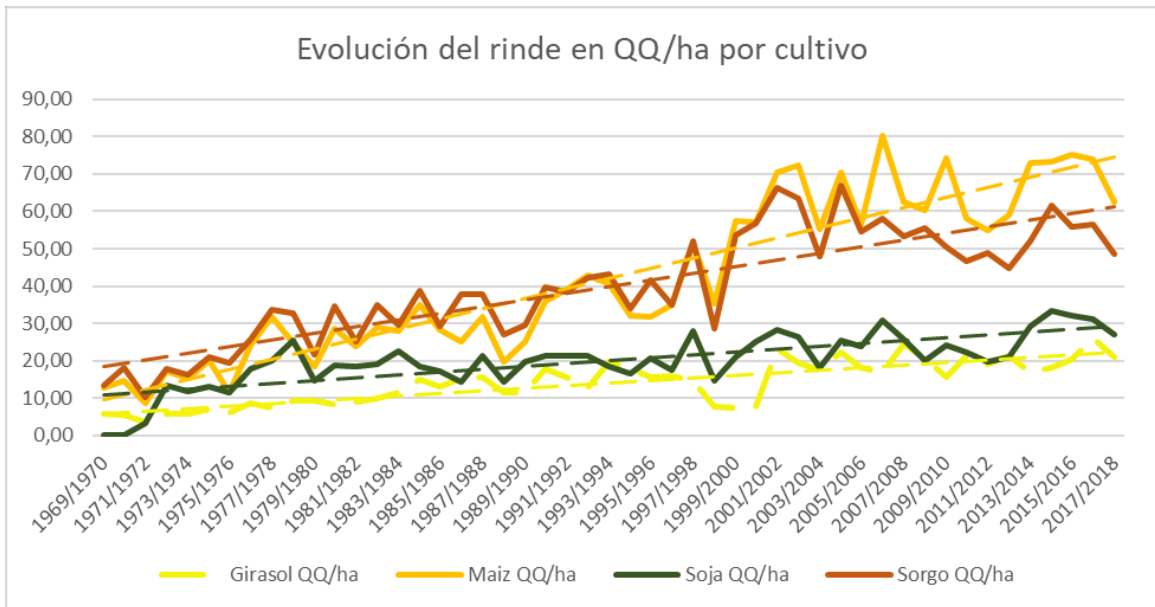


Gráfico 4

El gráfico 5 refleja la tasa de crecimiento del área sembrada en el período 2003-2013 por jurisdicción departamental, observándose un fuerte crecimiento del área sembrada en los departamentos del sur de la provincia (Gral Roca y Sáenz Peña), como al este (San Justo).

Es importante resaltar que se trata departamentos que eran típicamente de invernada o lecheros a comienzos de siglo.

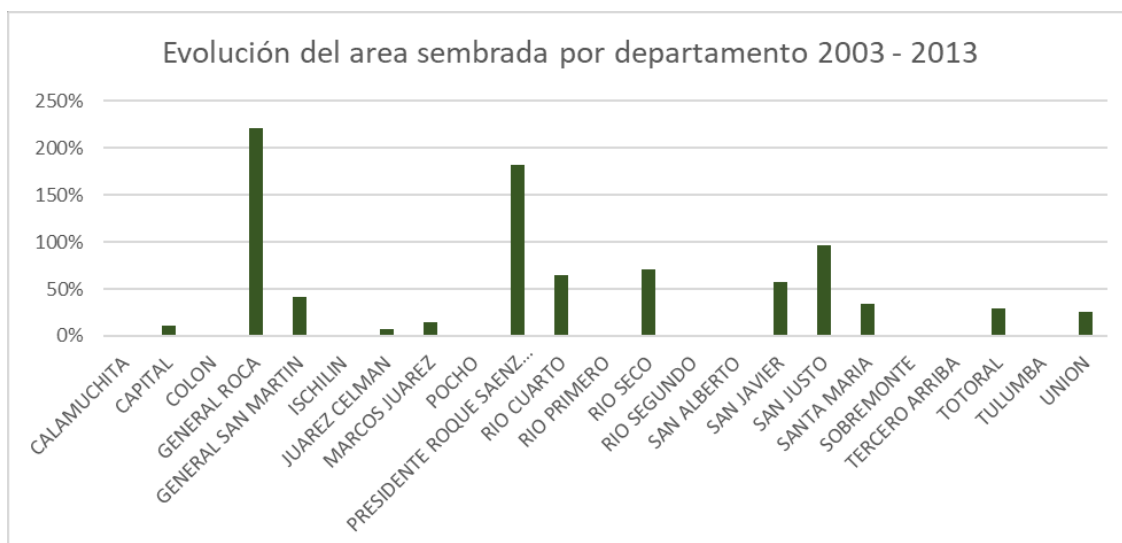
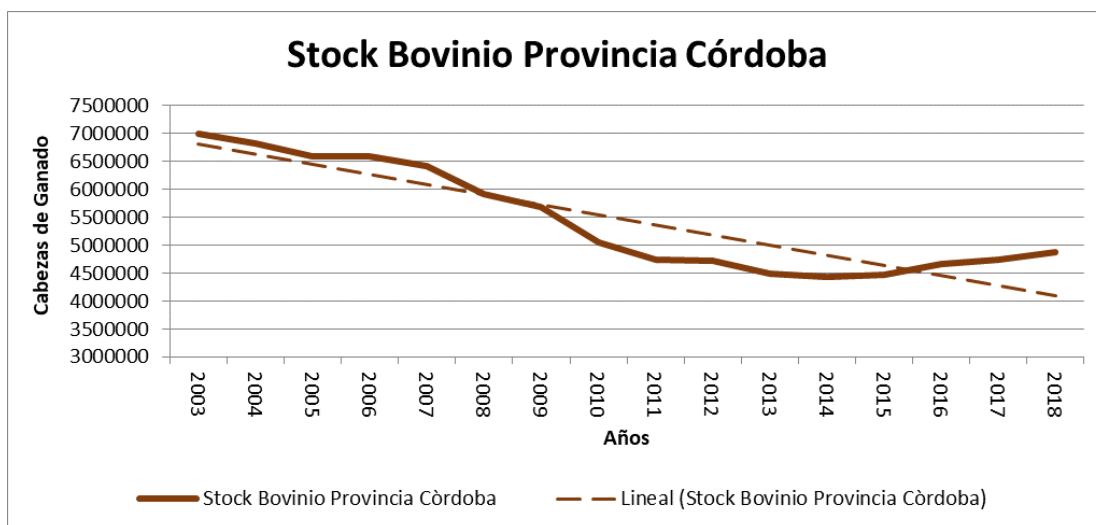


Gráfico 5

Por el lado de la ganadería, siguiendo la lógica de razonamiento evolutivo, se observa una fuerte caída del stock ganadero para el período 2003 -2018 de aproximadamente del 30%, situación que se presenta en el siguiente gráfico. Aunque en los últimos años se percibe un leve cambio de tendencia.



Existe un índice del INTA para identificar características pecuarias, el cual fue construido por medio de la relación (novillos + novillitos) / vacas, definiendo (Santangelo, F.2015):

Índice	Característica
> 0,8	Invernadora
0,6 - 0,8	Mixta Invernadora
0,4 - 0,6	Mixta Criadora
< 0,4	Criadora

En este sentido, en el siguiente gráfico se aprecia que la Provincia de Córdoba pasó de ser una provincia mixta invernadora a una provincia criadora.

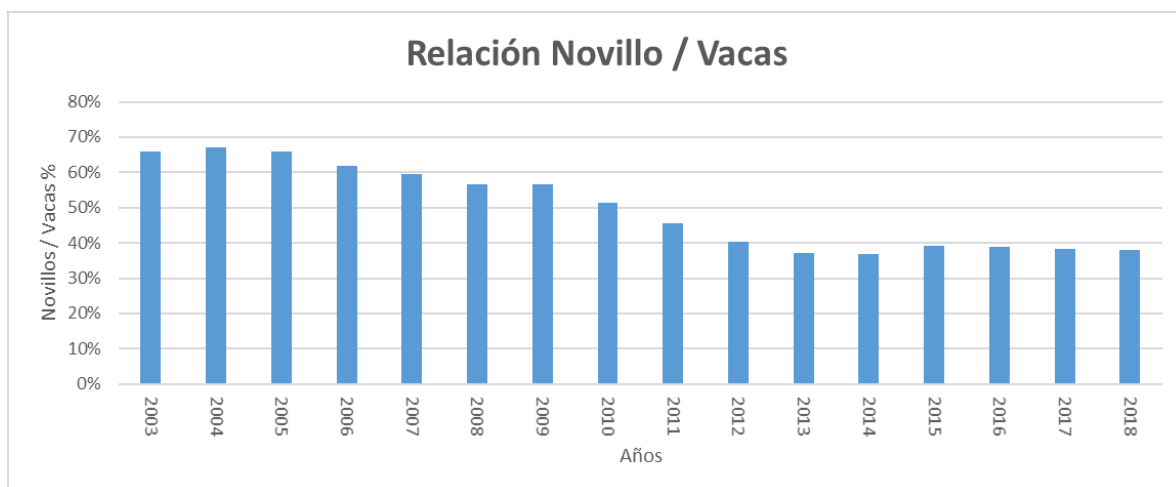


Gráfico 6

Además, se observa la evolución de las vacas de cría, novillos y novillitos por departamentos, en los siguientes gráficos:

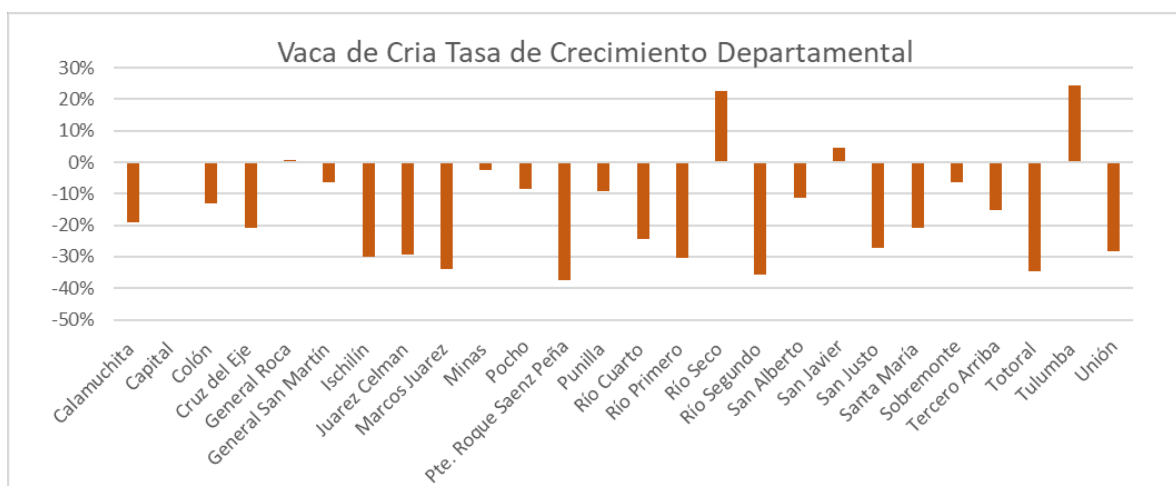
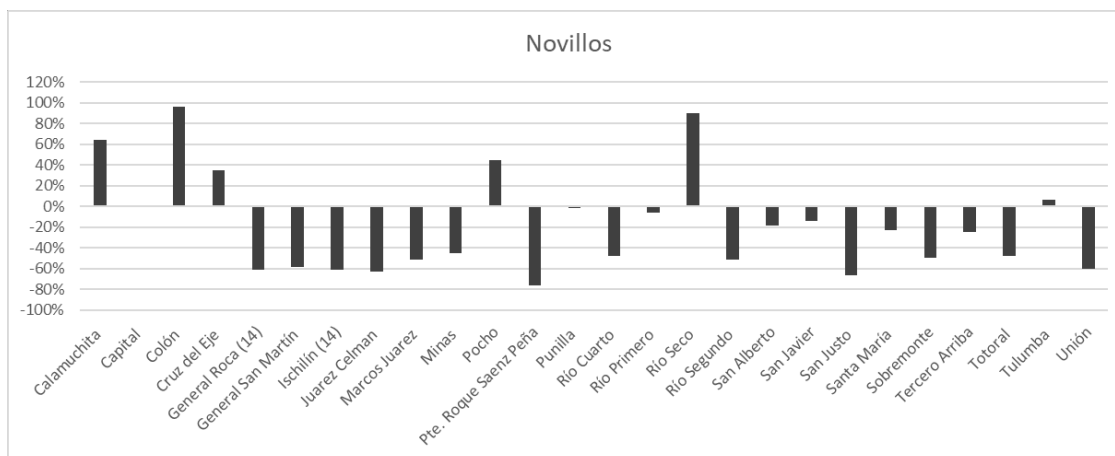


Gráfico 7

Donde solo dos departamentos, Río Seco y Tulumba ubicados al norte de la provincia de Córdoba, crecieron en población de vacas de cría en el período 2003 – 2018. Mientras que los novillos y novillitos crecieron principalmente en los departamentos Calamuchita, Colón y Río Seco.



Por lo tanto, a través de un análisis descriptivo-evolutivo e inductivo, se puede apreciar un cambio en el sistema productivo agropecuario, un incremento del área sembrada, rotación leguminosa - gramíneas (60% - 40%) principalmente soja - maíz, incorporación zona sur y este de la provincia al área agrícola, disminución del stock ganadero, cambio hacia un sistema pecuario de cría, el cual se produce al noroeste de la provincia principalmente departamentos de Tulumba y Río Seco.

b- El modelo de inteligencia artificial y la nueva estructura de valor del suelo.

Siguiendo la lógica anterior, pero considerando al dinero como unidad de medida, un cambio en el valor unitario de la tierra medida en hectáreas (VUT, valor unitario de la tierra) estaría reflejando un cambio en la estructura del valor del suelo. Para verificar si el cambio en la estructura productiva se traduce en un cambio en el valor por hectárea, se plantea inferir un modelo de inteligencia artificial para estimar el VUT y compararlo con el VUT estimado por aforos –zona homogénea de valor- establecido por el método comparativo, procedimiento que estableció la Dirección General de Catastro (DGC) de la Provincia de Córdoba para el penúltimo revaluó de la provincia, en el año 1994.

El método comparativo de aforos, establecido por DGC en el año 1994, se aplicó mediante el relevamiento de ofertas y compra-venta de inmuebles rurales, registración de datos y discusión-negociación en jurys representativos de los intereses del sector. Respetando una estructura intra e interdepartamental de aforos, y contemplando los siguientes factores: zonas agro-económicas (establecida por el INTA), capacidad de uso del suelo, índice de productividad del suelo. La idea del método comparativo por aforo se podría representar de la siguiente manera:

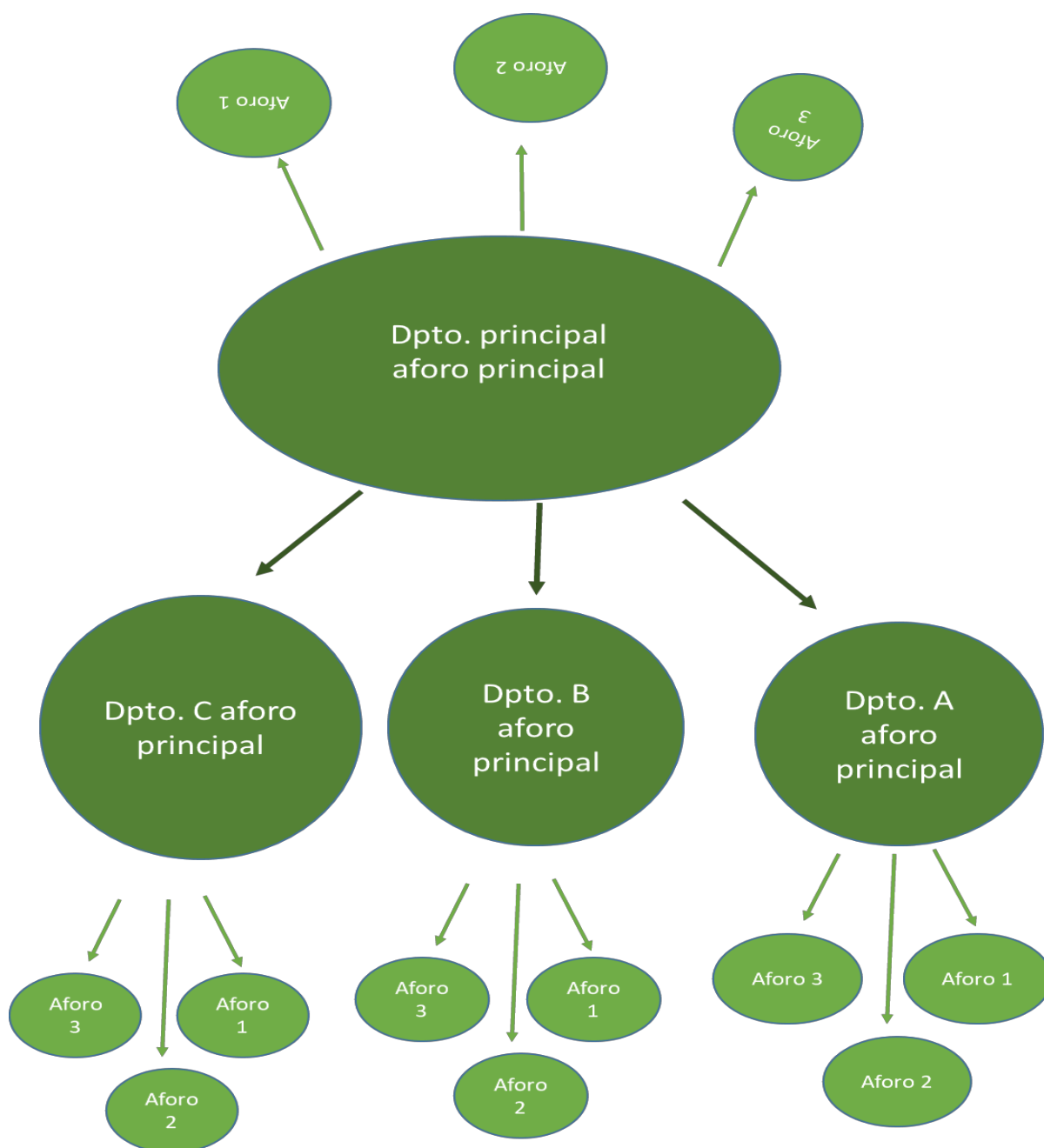


Gráfico 8

El mapa de valor determinado por el método comparativo que estableció la provincia de Córdoba para el año 1994, es el siguiente:

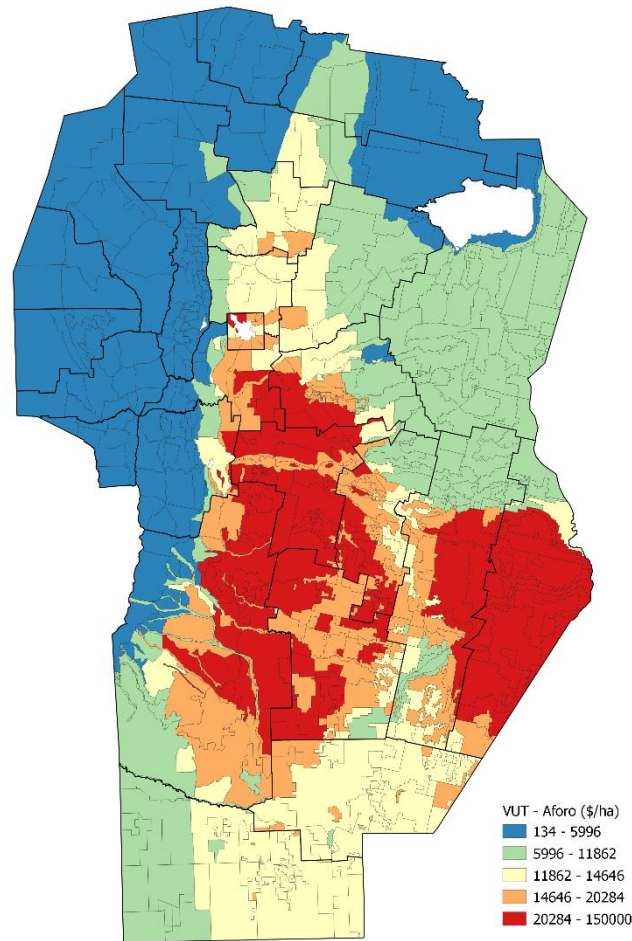


Gráfico 9

En el año 2018, el gobierno de la Provincia de Córdoba decidió realizar un nuevo revalúo, el cual fue financiado en conjunto con el Programa de Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) y desarrollado en el marco del Estudio Territorial Inmobiliario de la Provincia de Córdoba. Con el objetivo de estimar el valor del suelo rural, se conformó un equipo multidisciplinario que se encargó de recopilar, adecuar, analizar y sistematizar los datos. Paralelamente se construyó un conjunto de variables geográficas con potencial relación causal con el VUT rural. Finalmente, se modeló la nueva estructura de valores del suelo rural a través de la técnica de inteligencia artificial random forest.

b1 -El modelo random forest

El método de random forest, surge de una derivación de los árboles de clasificación y regresión (CART), el cual es una técnica estadística que permite describir la variable de estudio, mediante medidas de posición y dispersión (ej. media, varianza), clasificarlas y jerarquizarlas en función de un conjunto de variables explicativas; e inferir el valor de la variable de análisis en función de un grupo de variables independientes (Brieman, 2001).

Este tipo de modelos constituyen una alternativa a los modelos lineales aditivos para los problemas de regresión (variable cuantitativa) y para los modelos logísticos aditivos variable cualitativa o categóricas ya que estos modelos están pensados para comportamientos no aditivos (anidados), mientras que los modelos lineales clásicos no

permiten la interacciones entre variables al menos que se especifique una forma multiplicativa. Además, suelen ser de gran utilidad cuando el grupo de predictores contiene una mezcla de variables cuantitativas y cualitativas (Carranza, et. al, 2018).

Los modelos de árboles de regresión o clasificación están compuestos por un conjunto de reglas o procedimientos de particiones binarias recursivas, donde un conjunto de datos es sucesivamente particionado en función de la variable de estudio. Esta técnica es semejante al análisis de los conglomerados, todos los objetos son considerados como pertenecientes al mismo grupo. El grupo se separa en dos a partir de una de las variables independiente, regresoras, predictoras de manera que la heterogeneidad a nivel de la variable dependiente sea mínima de acuerdo a la medida de heterogeneidad seleccionada. Para medir la heterogeneidad dentro del grupo, generalmente se trabaja con la suma de cuadrados corregida por la media, cuando la variable de estudio es cuantitativa y la deviance cuando las variables de análisis son cualitativa.

Los dos grupos resultantes de la partición, denominados nodos, se vuelven a separar nuevamente si:

- a) hay suficiente heterogeneidad para producir una partición de observaciones y,
- b) el tamaño del nodo es superior al mínimo establecido para continuar el algoritmo.

El proceso recursivo se detiene cuando no se cumple una de estas dos condiciones.

En cada instancia de separación el algoritmo analiza todas las variables regresoras y selecciona, para realizar la partición, aquella que permite conformar grupos más homogéneos dentro y más heterogéneos fuera (entre ellos).

Por lo tanto, la técnica de Random Forest surge como una combinación de árboles de decisión, donde cada árbol es independiente al otro, posee la misma probabilidad de ocurrencia en el bosque, pero son forzados a ser diferentes. Surgiendo la estimación del bosque al promediar los valores predichos por los árboles.

b2 –Resultados

En función de la descripción metodológica detallada en el apartado anterior, se construyó un modelo basado en técnicas de aprendizaje automático, utilizando el algoritmo Random Forest, para estimar el VUT rural. En la estimación, se contemplaron más de cien covariables relacionadas con los siguientes factores: posición absoluta (coordenadas), pertenencia (departamentos, zonas de aforos, zonas de agentes, áreas naturales, áreas de resguardo medioambiental), características del suelo (índice de productividad, cobertura uso del suelo, pendiente, altura, susceptibilidad a inundaciones, composición del suelo, ndvi), características hidrológicas (distancia a cursos de agua, aguas subterráneas, profundidad nivel freático), características climáticas (precipitaciones, régimen de temperaturas, radiación solar, vulnerabilidad a sequía), disponibilidad de infraestructura (distancia asentamientos rurales, distancia a red pavimentada, distancia a red eléctrica, distancia a centros de acopio, distancia a puerto), económicas (stock ganadero, NBI, rendimiento de cultivos zonales –soja, maíz-, arrendamientos zonales por localidad, producto geográfico bruto – medido en pesos de los distintos servicios).

Del modelo surgen los resultados, que se reflejan en la tabla 1:

Modelo	MAPE	MedAPE	PROMEDIO	MEDIANA	CV	CD	Correlacion
Random Forest	0,15	0,06	1,10	1,01	0,16	0,15	0,98

Tabla 1

El IAAO (International Association of Assessing Officers -2003-), la asociación internacional de valuadores de EEUU, en un documento, de abril 2013, establece un conjunto de ratios aconsejables, con el objeto de establecer si los criterios de ajuste de los modelos resultan adecuados. Se recomiendan medidas de posición (media y mediana) a las cuales se establece el cociente entre los valores catastrales y valores de mercado, reflejando que tan cerca se encuentra el valor catastral –predicho- valor de mercado.

$$0,90 < \frac{Media_{valor\ predicho}}{Media_{valor\ observado}} < 1,10 = 1,10, \quad 0,90 < \frac{Mediana_{valor\ predicho}}{Mediana_{valor\ observado}} < 1,10 = 1,01$$

En relación a las medidas de dispersión del ratio entre valor estimado y valor observado (CV = coeficiente de variación y CD = coeficiente de dispersión), se establece que, para validar la calidad técnica de los resultados, tanto el coeficiente de variación (CV, que tiene en cuenta la desviación estándar el ratio entre el valor estimado y el valor observado en relación a la media de dicho cociente) como el coeficiente de dispersión (CD, de igual forma de cálculo pero en relación a la mediana) deben ser menores a 0.20; en el modelo estimado arrojó un CV igual a 0.16 y un CD es igual a 0.15, observándose un grado aceptable de homogeneidad en la estimación.

El gráfico 10, en tanto, reseña el coeficiente de correlación de Pearson entre los valores predichos y los observados ($\rho_{x,y} = 0,98$):

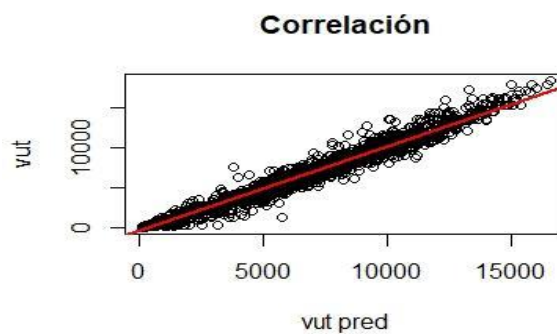


Gráfico 10

Además, se consideró el criterio de ajuste de los modelos por medio del error relativo promedio en valor absoluto, métrica usualmente aplicada en la bibliografía, conocida como MAPE por sus siglas en inglés (mean absolute percentage error).

$$mape = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right|}{n}$$

En donde

\hat{y}_i es la estimación del valor del suelo en la localización “i”.

y_i es el valor del suelo observado en la localización “i”.

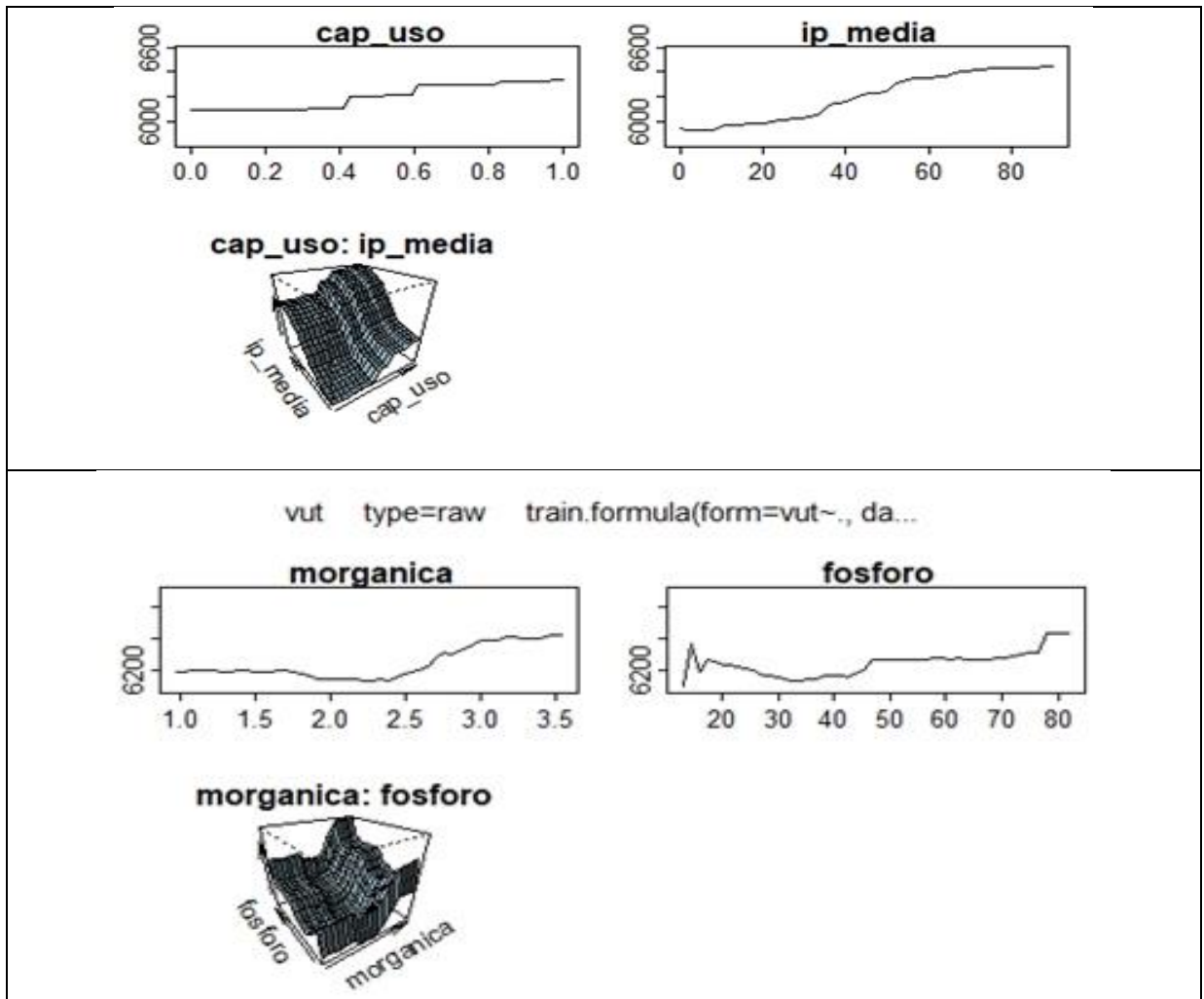
n es la cantidad total de observaciones.

El MAPE resultó igual a 0.15, un valor más que aceptable teniendo en cuenta la opacidad del mercado inmobiliario rural en un contexto de cambios tecnológicos y frecuentes alteraciones macroeconómicas.

Para validar los resultados se utilizó la técnica de validación cruzada la cual consiste en subdividir la muestra en 10 grupos de igual tamaño, sacar uno de los grupos, estimar los modelos utilizando los datos de los 9 grupos restantes y medir su capacidad predictiva en el grupo extraído. El procedimiento continúa de manera iterativa hasta que cada uno de los 10 grupos fue evaluado fuera de la muestra.

Este procedimiento resulta relevante ya que permite evaluar la calidad de las estimaciones cuando los datos se encuentran fuera de la muestra. Si, por el contrario, se evalúa la calidad de las estimaciones con los mismos datos utilizados en la construcción de los modelos el error disminuye dado que se están estimando los mismos datos, pero no se conocería cuál es la situación en aquellas situaciones en donde no hay datos.

Conjuntamente, el modelo estimado permite observar cómo se desenvuelven un grupo de variables que se consideran que afectan el valor.



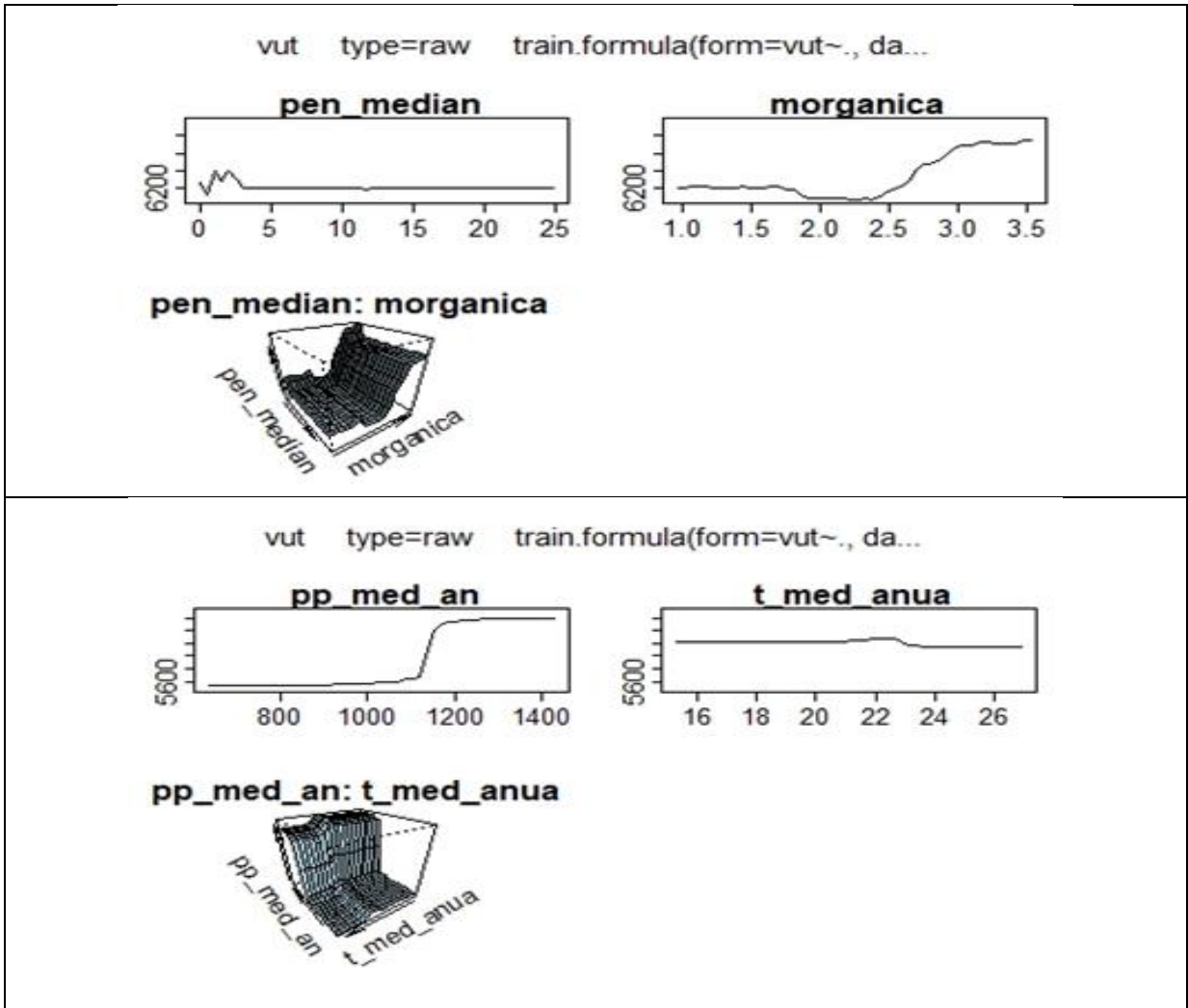


Gráfico 11

Donde el gráfico 11 muestra cómo se desempeñaron las variables (capacidad de uso, índice de productividad, materia orgánica, fósforo, pendiente media, precipitaciones medias y temperatura media anual) en relación al valor.

Como corolario de la predicción del modelo surge la siguiente estructura de valor, que se presenta en el gráfico 12

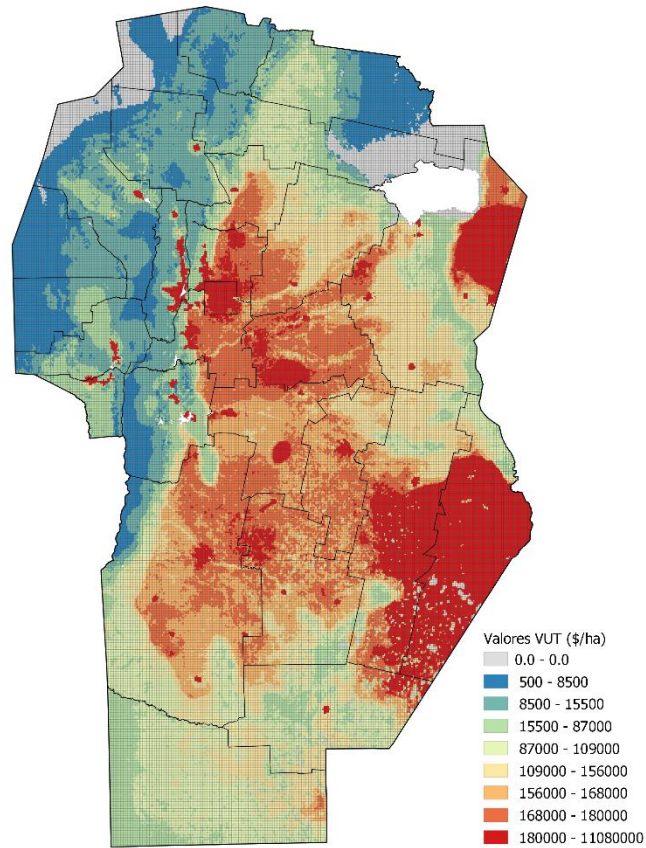


Gráfico 12

Donde se evidencia la nueva estructura de valor del suelo como resultado del cambio del sistema productivo.

Finalmente en el gráfico 13, se presenta el cambio en la estructura de valor realizado por el método comparativo en el año 1994 –mapa izquierdo- versus el nuevo revaluó 2018 desarrollado por la técnica estadística de random forest, apreciándose en términos relativos, comparativos, un incremento de valor principalmente en el arco noreste, el cual en el año 1994 era una zona lechera, ganadera y ahora se caracteriza por ser una zona fuertemente agrícola. Aunque se reconoce que ambas metodologías para aproximarse a la estructura del valor son distintas, surgen de la observación y construcción de agentes económicos vinculados al sector.

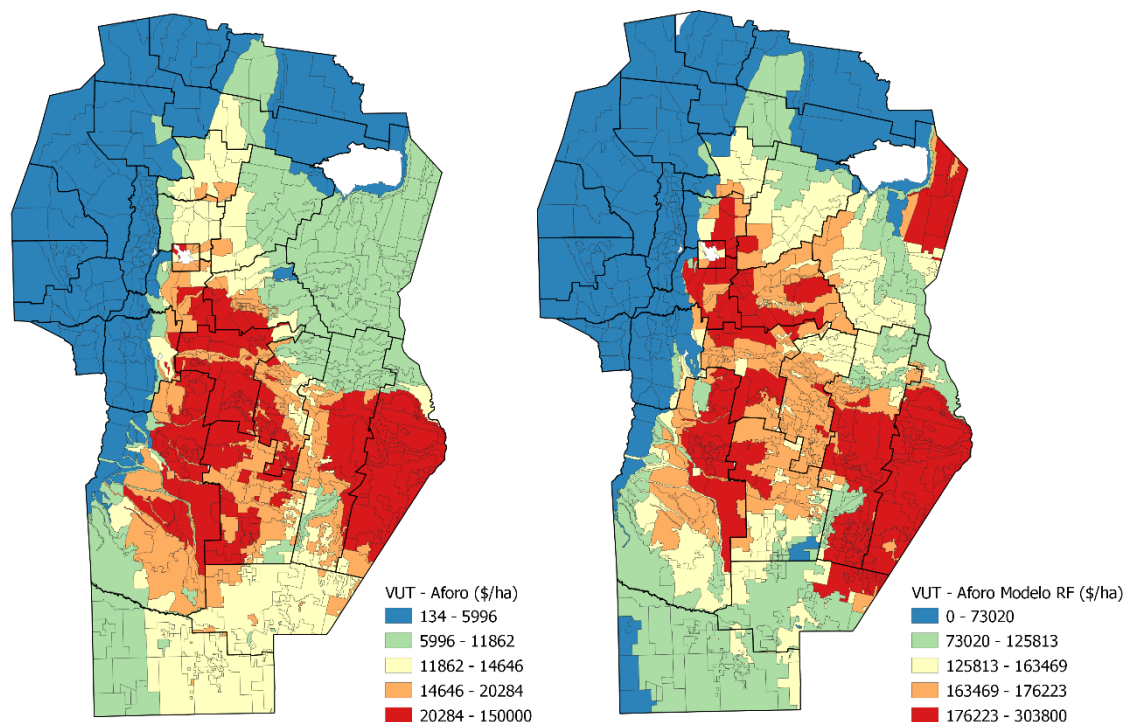


Gráfico 13

6. Conclusiones

En el presente escrito se espera haber cubierto los suficientes temas para responder a la pregunta: ¿Cómo se originó, desarrollo y afianzó a lo largo del tiempo el nuevo sistema productivo agropecuario argentino?

Bajo la concepción del realismo crítico se consideró al sistema productivo sector agropecuario como un sistema abierto, estructurado, dinámico. Reconociéndolo como un entramado estructural e institucional complejo, en la que interactúan en forma sistemática un conjunto de agentes económicos, creativos, intencionales, pero a su vez sujetos a un conjunto de estructuras sociales que emergen de las interrelaciones.

Del estudio de las distintas fuerzas que influyen en el sistema de producción agropecuaria se aprecia una configuración de factores históricos, culturales, institucionales que construyeron el nuevo sistema productivo.

Con el fin de la segunda guerra mundial surge un nuevo orden global basado en instituciones supranacionales, como el Banco Mundial, Fondo Monetario Internacional, Organización Mundial de Comercio, Política Agropecuaria de la Comunidad Europea, que establecen, fijan y condicionan las políticas socio económica de los países. Además, un conjunto de hechos internacionales como el estímulo a los biocombustibles, justificado en la disminución del impacto ambiental, mal de la vaca loca que modificó la dieta s animales, de harina animal a vegetal –principalmente soja-, la incorporación de china a la OMC, entre otros fenómenos internacionales

En el contexto interno, las políticas económicas, legales, tecnológicas agropecuarias favorecieron el sistema tecnológico de plantas transgénicas, siembra directa, uso de herbicida y rotación gramínea (ppte. maíz) – leguminosa (ppte. soja)

El conjunto de fuerza nacionales e internacionales produjeron un desplazamiento de la frontera agrícola, cambios en el uso del suelo, un incremento en el área sembrada de soja, una disminución en el área sembrada de gramíneas (ppte. trigo - maíz). Un arrinconamiento de la producción pecuaria –bovina- en zonas marginales (ppte. –arco noroeste de la provincia), desarrolló una agroindustria basa en aceites para el consumo humano, biocombustible y una industria pecuaria apoyada en el confinamiento animal.

El nuevo sistema productivo originó una nueva estructura de valor del suelo que a su vez refleja el cambio en el uso de la tierra. Situación que se representó arriba en el gráfico 13. A partir de lo desarrollado, surgen múltiples preguntas a considerar, algunas de ellas podrían expresarse de la siguiente manera: ¿cuáles serían los efectos agropecuarios del nuevo sistema productivo?, ¿cómo se vería afectada la composición y estructura del suelo?, ¿cómo sería la nueva distribución del ingreso regional en la provincia?, ¿qué zonas se vieron favorecidas?

Las respuestas a estas preguntas seguramente generarán más problemas y acertijos a resolver, las cuales se traducen en incertidumbres persistentes y fundamentales del sistema agropecuario de la provincia Córdoba. Aunque se reconoce lo complejo de comprender el sistema y lo complicado de ejercer el control sobre lo que sucede, resultó interesante aproximarse al funcionamiento del mecanismo del sector agropecuario para su interpretación.

7. Biografía

Barsky O, Davila M. (2008) “La Rebelión del Campo, historia del conflicto agrario argentino”. Ed. 1ª Sudamericana Buenos Aires

Barsky O, Gelmana J. (2009) “Historia del Agro Argentino”. Ed. 1ª Sudamericana Buenos Aires

BREIMAN, L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45, N°1. 5–32.

BREIMAN, L.; FRIEDMAN, J.; STONE, C.; OLSHEN, R. (1984). *Classification and regression trees*. California, Wadsworth, Inc.

Carranza J., Salomón M, Piunetto M, Monzani F, Montegro G., Córdoba M (2018) “Random Forest como técnica de valuación masiva del valor del suelo urbano: una aplicación para la ciudad de río cuarto, córdoba, argentina”. *Anais do COBRAC 2018 - Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 21 a 24 de outubro 2018*

Cortés Conde, R. (1997). *La economía argentina en el largo plazo: Ensayos de historia económica de los siglos XIX y XX*.

Figueras A. J. (2008) “Las “Retenciones”: Lo que se Dijo...., y lo que no se Dijo. Reflexiones sobre el Impuesto a las Exportaciones Agraria” IEF. UNC.

Guerrero, D. (1994). Manual de tasaciones. Propiedades urbanas y rurales. Alsina,.

INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ASSESSING OFFICERS (2003). Standard on automated valuation.

LOCKWOOD, T. ; ROSSINI, P.(2011) Efficacy in Modelling Location Valuation models (AVMs). Within the Mass Appraisal Process. Pacific Rim Property Research Journal, 17, N°3. 418-442.

Nogués J.J. (2011), “Agro e Industria. Del Centenario al Bicentenario”. Ed. Ciudad Argentina e Hispania Libros. Buenos Aires-Madrid-México.

Santangelo, F., & Gil, F. (2015) POTENCIAL PRODUCTIVO de la GANADERIA BOVINA de la PROVINCIA DE Córdoba.

Sonnet F.H. (1999), “La Reforma Económica y los Efectos sobre el Sector Agropecuario en Argentina 1989-1998”.XXXIV Reunión Anual de la AAEP. Rosario. Argentina.

Sonnet F.H., Monzani F (2015), “Las políticas de regulación del agro en Argentina: Un modelo de evaluación de las transferencias de ingresos 1991-2001 y 2002-2014”. L Reunión Anual de la AAEP. Salta. Argentina.

Revistas:

Márgenes Agropecuarios

Páginas web:

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación
http://www.sii.gov.ar/_apps/siia/estimaciones/estima2.php