

**Universidad de la República
Facultad de Ciencias Económicas y de Administración
Licenciado en Economía
Trabajo de Investigación Monográfico**

**INCIDENCIA DE LOS
FACTORES
AGROCLIMÁTICOS
EN LOS MERCADOS
DE HACIENDAS EN
EL URUGUAY**

Autores:

Manuel Porto Zorrilla de San Martín

Ma. Victoria Zorrilla de San Martín Martins

Orientador: Ing. Agr. Bruno Lanfranco (PhD)

Setiembre 2009

Agradecimientos

En primer lugar, queríamos agradecer a nuestro orientador Ing. Agr. (PhD) Bruno Lanfranco por la buena disposición con que nos recibió en todo momento. Sus sugerencias y comentarios fueron fundamentales para el resultado final de esta investigación.

Agradecemos también a todas las empresas de remate por los datos y la información brindada y al Ing. Agr. José Pedro Castaño por los datos brindados en cuanto a las variables agroecológicas. Adicionalmente, queremos agradecer especialmente a Sebastián por sus invalorable aportes en las etapas iniciales del trabajo.

Por último un agradecimiento muy especial a nuestros padres y hermanos, abuelos y al resto de nuestras familias y amigos por compartir este proceso de años y apoyarnos incondicionalmente en cada etapa. A todos ustedes, muchísimas gracias, tenerlos hace que todo valga la pena.

Abstract

El presente estudio analizó el efecto de diversos factores agroclimáticos (suelos dominantes, agua disponible en el suelo y situación de las pasturas) sobre los precios de las categorías de reposición en el mercado de haciendas en el Uruguay, a partir de una muestra de 12.286 lotes de animales comercializados en remates de ganado por pantalla entre 2002 y 2008. La evidencia recogida sugiere que en sistemas de producción basados en pasturas, las condiciones agroecológicas y climáticas afectan la oferta y la demanda de ganado en los distintos momentos del año, con importantes consecuencias en los precios de mercado.

En particular, a medida que empeora el estado de las pasturas o el nivel de agua disponible para el ganado, el precio del ganado tiende a caer, *ceteris paribus*. Sin embargo, esta relación positiva entre agua disponible y precio se hace decreciente a medida que aumentan los niveles hídricos, pudiendo tornarse negativa luego de alcanzar un máximo, cuando este nivel de agua resulta excesivo. Las diferencias en profundidad, textura, fertilidad y drenaje de los distintos tipos de suelos, asociados a una capacidad diferencial de retención de agua, determina respuestas diferentes a los eventos climáticos, exacerbando la diferencia entre regiones.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 2 – EL RIESGO EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA	3
2.1 – Antecedentes	3
2.2 – Tipos de riesgo que debe enfrentar una empresa	5
2.3 – Variabilidad y vulnerabilidad climática en el Uruguay	7
CAPÍTULO 3 – HIPÓTESIS DE TRABAJO Y MARCO TEÓRICO	11
3.1 – Hipótesis de trabajo	11
3.2 – Teoría de precios hedónicos en un mercado de productos diferenciados	12
3.3 – Incorporación de las variables agroclimáticas al modelo teórico	19
CAPÍTULO 4 – MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1 – Confección de la Muestra	22
4.2 – Selección y Descripción de las variables del modelo	24
4.2.1 – Descripción de las variables	24
4.2.1.1 – Variables que describen el lote	25
4.2.1.2 – Variables agroclimáticas	32
4.3 – Estimación del modelo hedónico	41
CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO HEDÓNICO	46
5.1 – Análisis de resultados de las Condiciones de Mercado y Estrategias de mercadeo	50
5.2 – Análisis de resultados de las Características propias del Lote	51
5.3 – Análisis de los resultados de las variables agroclimáticas	54
CAPÍTULO 6 – RESUMEN Y CONCLUSIONES	61
6.1 – Resumen	61
6.1.1 – Riesgo y vulnerabilidad climática en el Uruguay	61
6.1.2 – Confección de la base de datos y método de estimación	62

6.1.3 – Modelo teórico utilizado e inclusión de las variables agroclimáticas	62
6.2 – Conclusiones	63
6.2.1 – Limitantes del estudio y posibles avances en la investigación	66
CAPÍTULO 7 – BIBLIOGRAFÍA.....	67
7.1 – Textos y publicaciones.....	67
7.2 – Páginas Web	70
7.3 – Catálogos de venta de las empresas rematadoras.....	71
7.3.1 – Pantalla Uruguay.....	71
7.3.2 – Plaza Rural.....	72
7.3.3 – Lote 21	74
CAPÍTULO 8 – ANEXOS	76
Anexo 1 – Ejemplos del uso de los indicadores agroclimáticos.....	76

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN

La agropecuaria es una actividad inherentemente riesgosa. Para el caso particular de las empresas ganaderas del Uruguay, con un sistema de producción mayormente “a cielo abierto”, la gran variabilidad observada en las condiciones climáticas y, en particular, la ocurrencia de eventos climatológicos extremos constituye una importante fuente de riesgo económico en la actividad agropecuaria.

El trabajo monográfico aquí planteado se propone investigar la incidencia de la variabilidad de los factores climáticos (temperatura, precipitaciones, zona agroecológica de origen) sobre el mercado de haciendas en el Uruguay. Específicamente, se investigó si las variables NDVI, PAD, ANR, ZAE, TRI 1, TRI2, TRI3 y TRI4¹ juegan un rol importante en la determinación de los precios en este mercado. Para ello, se organizó el estudio de la siguiente manera:

En el Capítulo 2 se resumen los antecedentes y se realiza una descripción de los tipos de riesgo que deben enfrentar las empresas en general y el sector agropecuario en particular. En este sentido, se destacan el riesgo de producción (íntimamente ligado a las condiciones climáticas) y el riesgo de precios y de mercado. A su vez, se explica para el caso particular del Uruguay, en qué medida se presentan estos tipos de riesgo, considerando principalmente la variabilidad y vulnerabilidad climática que caracterizan al país.

En el Capítulo 3 se desarrolla el marco teórico de la investigación, explicándose detalladamente el modelo de precios hedónicos utilizado y la forma en que fueron incluidas las variables agroclimáticas al mismo.

¹ NDVI es el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado, PAD es el Porcentaje de Agua Disponible, ANR es el Agua No Retenida, ZAE son las Zonas Agroecológicas, TRI1, TRI2, TRI3 y TRI4 son las estaciones: verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

En el Capítulo 4 se describen los materiales y métodos utilizados para el análisis. Se detalla el proceso de la recolección de los datos y elaboración de la muestra definitiva. Se describen en detalle las variables utilizadas en el estudio, tanto aquellas correspondientes a las características intrínsecas de los lotes, como las que intentan captar las condiciones climáticas imperantes antes de cada remate.

En el Capítulo 5 se presentan y discuten los resultados obtenidos, la significación y ajuste del modelo, así como también se estudiará la significación de cada variable en particular.

Las conclusiones obtenidas se desarrollan en el Capítulo 6. Asimismo, se mencionan las limitantes que se presentaron a lo largo del análisis

En el Capítulo 7 se detalla la bibliografía de referencia consultada.

Finalmente, en el Capítulo 8 se incorporan los Anexos.

CAPÍTULO 2 – EL RIESGO EN LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA

2.1 – Antecedentes

La incertidumbre que caracteriza a la actividad agropecuaria se ve reflejada en circunstancias tales como la imposibilidad de conocer de antemano las condiciones climáticas que imperarán a lo largo del año o la inseguridad acerca del comportamiento de los precios de mercado. Los productores deben enfrentarse a un entorno inestable donde varían los precios y rendimientos que pueden afectar considerablemente su retorno económico - financiero y su bienestar general. Esto los obliga a tomar decisiones en base a información imperfecta. Entender el riesgo al que se enfrentan los productores es un elemento clave para ayudarlos a tomar mejores decisiones en situaciones riesgosas y, a su vez, brindar información útil a los hacedores de políticas acerca de la efectividad de los diferentes tipos de herramientas de protección del riesgo (Harwood et.al., 1999).

El clima tiene un importante efecto en la producción agropecuaria. Desafortunadamente, dicho efecto es muy difícil de controlar, constituyendo una importante fuente de riesgo para el sector. Al investigar los factores que inciden en la variación de corto plazo de los precios en los mercados de haciendas en Uruguay, Bedat y Ois (2005) primero y Lanfranco, Ois y Bedat (2006) a continuación, analizaron la incidencia del efecto estacional de la producción ganadera sobre los precios del ganado de reposición. Destacaron la existencia de un efecto estacional en los precios asociado al ciclo anual de crecimiento de pasturas, lo cual afecta la capacidad que tienen los predios de mantener determinado nivel de carga animal.

Tanto Bedat y Ois (2005) como Lanfranco, Ois y Bedat (2006) encontraron diferencias significativas entre los precios pagados por lotes de diferentes categorías vacunas de reposición, *ceteris paribus*, según la zona geográfica de procedencia de los animales. Estos autores sugirieron que la zona de origen posiblemente enmascara los efectos de

una serie de variables relevantes en la formación de los precios del ganado, como el tipo de los suelos, el nivel de precipitaciones y, en cierta medida, los sistemas de producción dominantes que pueden definir aspectos nutricionales y de manejo.

La consecuencia más importante de la variabilidad climática sobre el mercado de haciendas (particularmente la ocurrencia de eventos extremos pero también la variabilidad natural estacional y las diferencias observadas entre regiones del país) se efectiviza fundamentalmente a través de la oferta de ganado. Mientras que la demanda de ganado para faena está vinculada, en última instancia, a la demanda de carne, la oferta tiene un claro componente geográfico y estacional ligado, en gran medida, a la disponibilidad de alimento. Sin embargo, en el caso especial de las categorías de reposición, las condiciones climáticas también juegan un papel importante. Finalmente, en el caso de las sequías se agrega el problema de la falta de agua, tanto para el consumo de los animales como para el propio crecimiento de las pasturas.

Los diferentes agentes que operan en el sector ganadero conocen los efectos de las variables agroclimáticas sobre el precio de las haciendas. Sin embargo, ningún estudio ha cuantificado, hasta el momento, la magnitud de los mismos. Es decir, no se sabe ciertamente cuál es el impacto de la variabilidad en las condiciones agroclimáticas sobre los precios del mercado, a través de su incidencia en la oferta y demanda de ganado.

En los trabajos de Bedat y Ois (2005) y Lanfranco, Ois y Bedat (2006), la procedencia de los animales fue identificada en forma muy general a nivel de departamento. La inclusión en el presente estudio, en forma explícita, de variables agroclimáticas (estado de las pasturas, precipitaciones, zona agroclimática) a escala más reducida (sección policial) permite captar con mayor fidelidad los efectos microclimáticos sobre la oferta y demanda de animales.

2.2 – Tipos de riesgo que debe enfrentar una empresa

El riesgo puede definirse como la incertidumbre que afecta el bienestar de un individuo. El riesgo, por lo tanto, es la “incertidumbre que importa” (Bodie y Merton, 1998) y puede involucrar la probabilidad de perder dinero, la posibilidad de que se perjudique la salud de un ser humano, las repercusiones que afecten los recursos (irrigación, crédito) y cualquier otro tipo de evento que afecte el bienestar del individuo (Harwood et al., 1999). En este mismo artículo, los autores explican que entender el riesgo que debe enfrentar un productor agropecuario es importante por dos razones. Primero, la mayoría de los productores son aversos al riesgo. Alguien que es averso al riesgo está dispuesto a aceptar un nivel promedio de retorno más bajo si a cambio logra obtener un menor nivel de incertidumbre. El alcance depende del nivel de esa aversión. Esto significa que las estrategias no pueden ser evaluadas solamente en términos de retornos esperados o promedio, sino que deben considerarse las desviaciones con respecto a los mismos, es decir, su variabilidad. Segundo, identificar las fuentes de incertidumbre ayuda a los productores y a otros agentes económicos a desarrollar estrategias para mitigar el riesgo, contribuyendo así a evitar resultados adversos extremos como la bancarrota.

Siguiendo a Alfaro, Conti y Troncoso (2004), los tipos de riesgo que deben enfrentar las empresas se pueden agrupar en tres categorías básicas:

- Riesgo operativo o del negocio: Es inherente a la actividad que realiza el individuo y, por lo tanto, no puede ser eliminado en su totalidad. Este riesgo es “asumido voluntariamente por el empresario para crear una ventaja competitiva y generar valor”.
- Riesgo estratégico: Está íntimamente ligado al contexto económico en el cual opera la empresa y puede disminuirse a través de la diversificación geográfica o de líneas de negocio.
- Riesgo financiero: Se refiere a la posibilidad de que la empresa enfrente pérdidas en los mercados financieros. Vinculado a este riesgo pueden mencionarse otros

como el riesgo de crédito, el riesgo de liquidez, el riesgo operacional y el riesgo legal. A su vez, dentro de los riesgos financieros, se encuentra el riesgo de precios o de mercado vinculado a posibles pérdidas en el manejo de los tipos de cambio o las tasas de interés.

Una clasificación complementaria y más adecuada para el sector en estudio puede encontrarse en Harwood et al. (1999). La misma se realizó en base a los resultados de múltiples encuestas a productores rurales de Estados Unidos en las que se les interrogaba acerca de los tipos de riesgo que debían enfrentar en su actividad diaria. De esta manera, se identificaron cinco tipos de riesgo, algunos exclusivos del sector agropecuario y otros comunes a empresas de diversos sectores económicos:

- Riesgo de producción y rendimientos: A diferencia de otros empresarios, los productores agropecuarios no son capaces de predecir con certeza el resultado que obtendrán de su producción. Este tipo de riesgo se genera debido a que el sector agropecuario se ve afectado por muchos eventos imposibles de controlar que están relacionados generalmente con el clima y que incluyen desde sequías o lluvias en exceso, temperaturas extremas o granizo hasta plagas y enfermedades.
- Riesgo de precios o de mercado: Refleja los riesgos asociados a cambios en el precio tanto de los productos que la empresa produce como de los recursos que consume y que pueden ocurrir una vez que ya se ha generado el compromiso de producir. Este riesgo se presenta cuando existe volatilidad en los precios y se acentúa cuando el productor es tomador de precios.
- Riesgo institucional: Se debe a cambios en las políticas y reglamentaciones que afectan al sector agropecuario como, por ejemplo, cambios en la estructura impositiva o en las reglamentaciones sobre el manejo medioambiental de la producción.
- Riesgo humano o personal: es común a todos los negocios, independientemente del sector en que se lleven a cabo. Tiene que ver con la

contingencia de eventos como muerte, divorcio, lesiones, incapacidad, entre otros.

- Riesgo financiero: se diferencia de los riesgos antes mencionados en que depende de la estructura de financiamiento que el productor haya elegido. Puede suceder, por ejemplo, que el empresario esté sujeto a las fluctuaciones de las tasas de interés de los préstamos que haya pedido o que deba enfrentar dificultades de liquidez si no hay fondos suficientes para pagar a sus acreedores.

En cuanto a cuáles son los riesgos que más preocupan a los productores rurales, Harwood et al. (1999) señalaron que el estudio sobre el manejo de los recursos agropecuarios realizado en 1996 por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) indicó que los productores mostraron una mayor preocupación por, en primer lugar, los cambios en las leyes gubernamentales y las regulaciones (riesgo institucional); en segundo lugar, la caída de los rendimientos de su producción (riesgo de producción) y en tercer lugar, la incertidumbre en cuanto a los precios de los commodities (riesgo de precios).

Finalmente, es importante resaltar que en el caso particular de la producción agropecuaria, las condiciones climáticas no solamente afectan el riesgo de producción sino que tienen una incidencia importante en el riesgo precios. La atención de este estudio se centra, precisamente, en este último caso.

2.3 – Variabilidad y vulnerabilidad climática en el Uruguay

La economía uruguaya depende en gran medida de la producción agropecuaria. La producción ganadera, que incluye las industrias de carne vacuna y ovina, leche y lana, es la más importante del punto de vista económico ya que es la que ocupa la mayor parte de

los recursos productivos, aunque la producción de cultivos y la actividad forestal muestran un crecimiento significativo en los últimos años (Carriquiri et. al., 2007). Los resultados de la producción agropecuaria del país dependen fuertemente de las condiciones climáticas. Esto es evidente en la actividad ganadera, que se realiza a cielo abierto y con una fuerte ponderación de las pasturas naturales en la alimentación del ganado.

La Dirección Nacional de Meteorología clasifica al clima del Uruguay como "Cfa"², lo cual se corresponde con un país que presenta un clima templado y húmedo, con precipitaciones todo el año y cuyas temperaturas en el mes más cálido superan los 22° C. A su vez, explica que la ausencia de sistemas orográficos importantes ayuda a que las variaciones de variables climáticas tales como temperatura y precipitaciones sean pequeñas.

Sin embargo, en los últimos años se han observado cambios en el clima a nivel mundial, y dichos cambios ya se evidencian a nivel nacional. Los cambios más destacables en relación al fenómeno del cambio climático en el Uruguay al día de hoy se resumen a continuación (PNUD, 2007):

Lluvia: El promedio anual de lluvias dentro del territorio nacional se incrementó aproximadamente un 30%, sobre todo en los meses de octubre y febrero.

Temperatura: Se ha determinado un incremento de la temperatura de 0,8°C en el siglo XX. La temperatura media actual es mayor en primavera y verano de lo que era a principios del siglo pasado, y la temperatura mínima se ha elevado a lo largo de todo el año.

Heladas: El periodo promedio de heladas es más corto y éstas son ahora menos severas.

Nivel del mar: subió 11 cm en las costas uruguayas entre 1902 y 2006, proceso este que se ha ido acentuando en las últimas tres décadas.

² Clasificación Climática de Köppen, http://www.meteorologia.com.uy/caract_climat.htm

Walter Oyhantçabal (2007) afirmó que uno de los problemas más preocupantes que genera el cambio climático en el sector agropecuario es que provoca un aumento en la variabilidad climática y en la frecuencia e intensidad de eventos extremos como sequías, inundaciones y tormentas. Todos estos cambios claramente afectan la actividad productiva y continuarán impactando en los diferentes rubros y formas de producción agropecuaria.

Según el PNUD (2007), pese a que ninguna crisis aislada del clima puede atribuirse enteramente al cambio climático, el mismo está intensificando los riesgos y vulnerabilidades que afectan a los productores. Al respecto, Baethgen y Magrin (1995) realizaron un estudio para el país en el que sugieren que las temperaturas más altas, al acortar la estación de crecimiento y aumentar la presión de enfermedades, provocaron en las últimas décadas importantes reducciones en los rendimientos de los cultivos.

Los eventos extremos, por su parte, generan importantes pérdidas económicas al sector agropecuario del país. En el 2004 se llevó a cabo un estudio a través del MVOTMA para estimar los costos de diversos fenómenos climáticos extremos ocurridos en Uruguay en los últimos años (Barrenechea, 2007). Los eventos más relevantes, según dicho estudio, fueron:

Tornado (10 de Marzo del 2002): Afectó principalmente al sector hortifrutícola, provocando pérdidas por valor de aproximadamente US\$ 8 millones.

Heladas (zafra 2002-2003): Impactaron fuertemente sobre la producción frutícola y vitícola, calculándose pérdidas por alrededor de US\$ 7 millones.

Granizadas (2003): Los costos, que rondaron los US\$ 2,3 millones, fueron calculados por las compañías aseguradoras en base a las coberturas de seguros del año anterior.

Sequía (1999-2000): Se calculó un costo de US\$ 200 millones por pérdidas producidas como consecuencia de la misma.

Más recientemente, la sequía que sufrió el Uruguay a fines del 2008 y principios del 2009 generó pérdidas muy importantes en el sector, de acuerdo a un estudio de la Asociación Rural del Uruguay (ARU,2009). En el informe mencionado se analizó la relevancia de la sequía a través de tres indicadores: el volumen total de lluvias y su distribución mensual, la disponibilidad de agua en el suelo y el *índice verde* que estima el nivel de actividad vegetal en cada momento en referencia a una escala.

El informe reveló que, dados los valores observados en el volumen de precipitaciones, durante el 2008, la falta de agua se podría calificar como “crónica”, debido a que se registró un déficit en todos los meses del año y nunca pudo observarse valores por encima del promedio histórico. En cuanto a la disponibilidad de agua en el suelo, los datos revelan que desde agosto del 2008 hasta enero del 2009 “no hay un sólo mes en que se observe un valor del indicador superior al del año inmediato anterior, sino que, por el contrario, este siempre es menor y con una brecha que se agranda con el transcurso del tiempo”. Finalmente, el análisis del *índice verde* mostró que “los valores críticos para enero del 2009 permiten establecer que se está ante un proceso que oscila entre limitada y nula actividad, llegando a la situación de pérdida de masa vegetal (muerte de plantas)”. Como consecuencia de todo este proceso, el informe estima un total de 868 millones 700 mil dólares de pérdidas sufridas por la producción agropecuaria. De este total, el 11% correspondió a la agricultura, 3% a la citricultura, 11% a la lechería y 75% a la producción ganadera de carne.

Es así que los impactos de la variabilidad climática y de la ocurrencia de eventos climáticos extremos son un elemento muy importante a tener en cuenta cuando se pretende evaluar los riesgos que enfrentan los productores agropecuarios del país. A su vez, los cambios climáticos que se han observado a nivel mundial, y que se han ido evidenciando también en el país, tornan cada vez más relevante el análisis de dichos impactos.

CAPÍTULO 3 – HIPÓTESIS DE TRABAJO Y MARCO TEÓRICO

3.1 – Hipótesis de trabajo

El presente trabajo parte de la base que el Uruguay desarrolla una ganadería a “cielo abierto” basada fundamentalmente en la producción de pasturas naturales. Por consiguiente, el efecto de las condiciones del clima sobre la oferta y la demanda de ganado y, como consecuencia, sobre los precios de mercado, adquiere gran relevancia.

A pesar de que las condiciones del clima entre las diferentes regiones del país son similares y los eventos climáticos extremos afectan, por lo general, a grandes zonas, a menudo se observan efectos localizados, incluso a nivel de microrregiones. Estos efectos pueden originar diferencias importantes entre distintas zonas del país. Por su parte, las diferencias en profundidad, textura, fertilidad y drenaje de los distintos tipos de suelos, asociados a una capacidad diferencial de retención de agua, determina respuestas disímiles a los eventos climáticos, exacerbando la disparidad entre regiones.

Por último, la variabilidad de las condiciones climáticas no solamente afecta al mercado de haciendas provocando cambios en la oferta y en la demanda de ganado sino también a través de su efecto sobre algunas características productivas que afectan su calidad (peso y estado de los animales, condición sanitaria).

En base a las hipótesis anteriormente planteadas, se propuso investigar la incidencia que tiene la variabilidad de los factores agroclimáticos (zona agroclimática de procedencia, nivel de agua disponible en el suelo y situación de las pasturas) sobre el mercado de haciendas en el Uruguay. Para ello, y con el objetivo de lograr que los resultados de esta investigación fueran comparables con estudios anteriores realizados en el país, se retomó el modelo teórico desarrollado por Lanfranco, Ois y Bedat (2006) y Bedat y Ois (2005),

basado en la adaptación del enfoque de Ladd y Martin (1976) para los mercados de factores en el marco de la teoría de precios hedónicos de Rosen (1974).

3.2 – Teoría de precios hedónicos en un mercado de productos diferenciados

Rosen (1974) definió los precios hedónicos como los precios implícitos de los atributos de un bien, que son revelados a los agentes económicos a través de los precios observados de los productos diferenciados y de las cantidades específicas de las características asociadas a ellos. El ganado puede ser considerado como un bien diferenciado ya que los productores, al conformar los lotes, toman en cuenta los atributos que los caracterizan con el objetivo de maximizar su precio de venta.

De acuerdo al modelo de precios hedónicos, el equilibrio competitivo puede describirse en un plano de N dimensiones en el que se sitúan compradores y vendedores. La calidad de cada lote, por su parte, se puede definir a través de las N características que lo componen. Éstas se miden objetivamente pero serán valoradas subjetivamente por cada productor. Cualquier punto del plano podrá ser representado, entonces, por el vector de coordenadas $\mathbf{z} = (z_1, z_2, \dots, z_n)$, siendo z_i la cantidad en que la *i-ésima* característica se presenta en el lote.

A su vez, se puede definir $p(\mathbf{z}) = p(z_1, z_2, \dots, z_n)$ como el precio de un producto con una determinada combinación de características, que guiará las elecciones tanto de compradores como de vendedores respecto a su localización en el plano. Esta función es el precio mínimo de cualquier paquete de características que describe un bien, ya que en el caso de que dos productores ofrezcan un lote con las mismas características el licitante siempre comprará aquel que presente un menor precio. Las firmas solamente pueden alterar sus productos utilizando mayores cantidades de insumos, y $p(z_1, z_2, \dots, z_n)$ se

considera creciente a lo largo de todos sus argumentos. Finalmente, se asume que $p(\mathbf{z})$ es continua y diferenciable al menos hasta el segundo orden.

Existen ciertas condiciones de mercado que se deben cumplir para poder definir $p(\mathbf{z})$ en función de los valores marginales de las características de los lotes. Se debe considerar que la cantidad de lotes ofrecida debe ser igual a la demandada en todos los puntos del plano, comportándose los agentes como maximizadores de beneficios. Una consecuencia de este tipo de comportamiento es que se está siempre en un óptimo de Pareto, dado que ningún agente puede mejorar su situación sin provocar que la de otro empeore, y todas las opciones son alcanzables.

Con el objetivo de analizar el punto de equilibrio del mercado debe definirse el comportamiento de los agentes. Para establecer el problema del productor se puede definir, siguiendo los estudios de Ladd y Martin (1976), a la función de producción de una empresa que compra o produce ganado, lo mejora y lo vende, de la siguiente manera:

$$(3.1) \quad q = F(\mathbf{x}, \mathbf{z})$$

siendo q la cantidad de lotes y \mathbf{x} los factores de producción.

El productor vende lotes de ganado buscando maximizar sus beneficios. Así, se puede definir la función de beneficios como:

$$(3.2) \quad \pi = p_v(z_1, z_2, \dots, z_N; x_1, x_2, \dots, x_J) - p_c \cdot \mathbf{z} - \sum r_j \cdot x_j - CF$$

p_v y p_c son los precios de venta y compra de ganado respectivamente, r es el precio del insumo x y CF son los costos fijos. El segundo y tercer término de la ecuación anterior corresponden a la totalidad de los costos variables y se pueden reescribir, por lo tanto, como el producto de la cantidad de lotes q y el costo variable promedio del lote, siendo este último definido como una función c , dependiente de q y \mathbf{z} , $c(q, z_1, z_2, \dots, z_n)$.

Como fue señalado anteriormente, el productor varía la calidad del lote y , en consecuencia, las cantidades de \mathbf{z} , utilizando los insumos \mathbf{x} . Es así que se puede expresar los costos del lote sólo en función de las características y reescribir la función de beneficios del productor:

$$(3.3) \quad \pi = p_v(z_1, z_2, \dots, z_N)q - c(q, z_1, z_2, \dots, z_N)q - CF$$

Diferenciando la función de beneficios respecto a q y \mathbf{z} e igualando las ecuaciones a cero se obtienen las condiciones de optimización del productor (Ladd y Martin, 1976):

$$(3.4) \quad \frac{\partial \pi}{\partial q} = p_0 - (q \left(\frac{\partial c}{\partial q} \right) + c) = 0$$

$$(3.5) \quad \frac{\partial \pi}{\partial z_n} = q \left(\frac{\partial p_0}{\partial z_n} \right) - q \left(\frac{\partial c}{\partial z_n} \right) = 0 \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, N.$$

Si $q \neq 0$, entonces:

$$(3.6) \quad \frac{\partial p_0}{\partial z_n} = \frac{\partial c}{\partial z_n}$$

Esto significa que el óptimo se obtiene en aquel punto en el que se igualen el efecto marginal de z_n sobre el precio y el efecto marginal de z_n sobre el costo promedio de producción. A nivel de las decisiones del productor, esto significa que, persiguiendo el objetivo de maximización de beneficios, elegirá en sus lotes una combinación de características tal que el diferencial de precio que obtenga de dicha combinación compense el costo adicional en que debió incurrir para obtenerla. Finalmente, debe aclararse que el cumplimiento de las condiciones de segundo orden garantiza la existencia de una solución para el sistema.

Por su parte, Rosen (1974) realiza un razonamiento similar para analizar las decisiones del productor. Se considera una firma que minimiza costos sujeta a una función de producción en un contexto de competencia perfecta. Se obtiene así una función de costos $c(q, \mathbf{z}, \psi)$, siendo ψ un parámetro que representa otras variables subyacentes en la minimización de costos. Según Rosen (1974), “el contenido empírico de ψ , representa cualquier cambio que pueda existir en los costos entre las firmas”.

El objetivo de la firma es maximizar sus beneficios y para lograrlo debe elegir ciertas cantidades óptimas de q y \mathbf{z} . Para garantizar este resultado la función de costos debe ser convexa, con $c(0, \mathbf{z}) = 0$ y derivadas respecto a q y \mathbf{z} positivas. Esto no es más que establecer que el costo marginal de producir más lotes es positivo y creciente, y que el de mejorar los mismos es también positivo y no decreciente.

En síntesis, el problema del productor se reduce a elegir q y z_n tal que:

$$(3.7) \quad p_n(z) = \frac{c_{z_n}(q, z_1, z_2, \dots, z_N)}{q} \quad n = 1, 2, \dots, N$$

$$(3.8) \quad p(z) = c_q(q, z_1, z_2, \dots, z_N)$$

De esta forma, se llega al mismo resultado que Ladd y Martin (1976) y se concluye, una vez más, que para maximizar beneficios y elegir cantidades óptimas de q y \mathbf{z} , el beneficio marginal que se obtenga de las cantidades adicionales de las características debe igualar al costo marginal de producción por unidad vendida.

A su vez, el hecho de que el mercado sea competitivo garantiza que $p(\mathbf{z})$ sea independiente de q , o sea, que todos los productores observan los mismos precios y no pueden influenciarlos ni alterarlos modificando sus decisiones de producción.

Tomando como referencia el estudio de Bedat y Ois (2005), se define la función del oferente:

$$(3.9) \quad \delta(z_1, z_2, \dots, z_n; \pi_0, \psi)$$

La misma indica qué precio está dispuesto a aceptar el productor cuando q está en su nivel óptimo y que le provee el máximo beneficio considerando la combinación de características \mathbf{z} incluidas en el lote. En definitiva, esta ecuación define un hiperplano de indiferencia para el productor oferente. Para obtenerla, debemos diferenciar la ecuación de beneficio del productor respecto a q :

$$(3.10) \quad \pi = q\delta - c(q, z_1, z_2, \dots, z_N)$$

Despejando δ se obtiene:

$$(3.11) \quad \delta = c_q(q, z_1, z_2, \dots, z_N)$$

Diferenciando las ecuaciones anteriores respecto de π y z_n , respectivamente, se obtiene:

$$(3.12) \quad \delta_{\pi} = \frac{1}{q} > 0$$

$$(3.13) \quad \delta_{z_n} = \frac{c_{z_n}(q, z_1, z_2, \dots, z_N)}{q} > 0$$

δ es el precio al cual el oferente está dispuesto a vender el lote para cierto nivel de beneficios, y $p(\mathbf{z})$ es el precio máximo al cual puede venderlo en el mercado. La maximización de beneficios del oferente, entonces, se cumple bajo la condición $p = \delta$. De esta manera, se puede reescribir la condición de equilibrio en función de la combinación óptima de características (denotada por los asteriscos), el máximo beneficio del oferente y ψ :

$$(3.14) \quad p_n(\mathbf{z}^*) = \delta_{z_n}(z_1^*, z_2^*, z_N^*; \pi_0^*, \psi) \quad \text{para } n=1, 2, \dots, N$$

$$(3.15) \quad p(\mathbf{z}^*) = \delta(z_1^*, z_2^*, z_N^*; \pi_0^*, \psi)$$

Así, se concluye que el equilibrio se determina por el punto de coordenadas de tangencia entre la curva de indiferencia del oferente y la función de precios hedónicos implícita.

Un análisis similar puede realizarse para el comprador del lote. Tomando como referencia el estudio de Ladd y Martin (1976) se puede representar la demanda de ganado a través de una función de demanda de factores. Siguiendo la lógica empleada en la función del

productor se sabe que $p_c = p(\mathbf{z})$. En este caso la función que minimiza los costos es continua, cóncava y no decreciente en p . De esta forma, se define la siguiente función del licitante:

$$(3.16) \quad \theta(z_1, z_2, z_N; \pi_d; c; \lambda)$$

Esta función se caracteriza por ser creciente en z_n pero a una tasa decreciente, dado que se asume que la función de beneficios es estrictamente cóncava en \mathbf{z} . Por otro lado, las derivadas respecto a los z_n representan el valor que cada productor licitante adjudica a la respectiva característica para un nivel dado de c y p_i . De la misma forma que se iguala δ a los precios, se puede tomar $\theta = p(\mathbf{z})$ ya que es el precio que el productor licitante está dispuesto a pagar por un determinado lote q y $p(\mathbf{z})$ es el mínimo precio que puede conseguir en el mercado. La maximización de beneficios se da entonces en el punto donde:

$$(3.17) \quad \theta_{z_n}(z_1^*, z_2^*, \dots, z_N^*, \pi_d^*, \lambda) = p_n(z^*) \quad \text{para } n = 1, 2, \dots, N$$

$$(3.18) \quad \theta(z_1^*, z_2^*, z_N^*, \pi_d^*, \lambda) = p_n(z^*)$$

Si de manera análoga a ψ en el caso del oferente, λ representa las diferentes condiciones tecnológicas y de costos de los licitantes, y posee una función de distribución $H(\lambda)$, el equilibrio queda definido como una familia de funciones de licitantes cuyo envoltorio superior es la función de precios implícitos, $p(z_1^*, z_2^*, \dots, z_N^*)$.

Equilibrio de Mercado

El análisis de las decisiones de los consumidores y productores, en este caso oferentes y licitantes, parte de la base de que existe un equilibrio (Rosen, 1974). O sea, se debe encontrar una función $p(\mathbf{z})$ que iguale las cantidades demandadas de las características a las ofrecidas cuando los agentes se comportan dentro de los parámetros definidos anteriormente. En equilibrio, oferta y demanda se compensan perfectamente cuando las dos curvas se hacen tangentes definiendo una misma función $p(\mathbf{z})$.

Se debe resaltar que la función $p(\mathbf{z}^*)$ a la que se arriba, o sea la función que “equilibra” el mercado, no revela nada por sí misma de las decisiones tomadas por los distintos agentes. Esto es importante debido a que, por ejemplo, si los lotes ofertados no se ajustan a los demandados, el cambio de precio que podría generarse no se daría para los mismos lotes, en términos de las características que los definen, sino que el mismo induciría cambios y sustituciones de coordenadas a nivel de todo el hiperplano (Rosen, 1974).

3.3 – Incorporación de las variables agroclimáticas al modelo teórico

Tanto en Lanfranco, Ois y Bedat (2006) como en Bedat y Ois (2005), la variabilidad en las condiciones agroclimáticas de producción fue incorporada al modelo a través de una variable que consideraba el origen geográfico de los animales. Por consiguiente, los efectos potenciales de las distintas condiciones de producción estuvieron asociados a la variabilidad agroclimática existente entre las distintas zonas geográficas del país, cuya unidad era el departamento de origen. A su vez, los efectos estacionales asociados a las condiciones agroclimáticas se modelaron a través de la inclusión de un grupo de variables binarias que identificaron la época del año. Pese a que estos autores encontraron diferencias significativas atribuibles al departamento de procedencia y a la estación del

año en los precios recibidos por el ganado comercializado, no se pudo discriminar los efectos específicos de los factores agroclimáticos subyacentes.

En este estudio, se incorporaron las variables agroclimáticas más relevantes que prevalecieron al momento del remate, con el objetivo de identificar su efecto en la decisión de los compradores, a través de su contribución marginal al precio de mercado de las haciendas. En particular, se asumió que la variable departamento utilizada por los autores referidos encubría, entre otras cosas, diferencias en los factores agroclimáticos entre zonas.

Dichos factores agroclimáticos se pueden clasificar en permanentes y temporarios. Los primeros son determinados por el tipo de suelo dominante en la zona, originando un determinado tipo de pasturas (en cantidad y calidad). Por su parte, los factores temporarios son definidos en base a la disponibilidad de agua en el suelo y al estado de las pasturas en determinado momento del año. Se considera, no solamente la variación estacional promedio, sino también los desvíos debido a condiciones agroclimáticas excepcionales, como los derivados de la ocurrencia de eventos extremos (sequías, inundaciones, etc.).

En particular, se asumió que estos factores operan de la misma manera que los atributos propios del ganado. Es decir, los compradores estarán dispuestos a recompensar o castigar el precio de mercado de un lote determinado en virtud de las condiciones agroclimáticas en que fue producido, análogamente a lo que sucede con otros atributos como la raza, la uniformidad, el estado corporal, entre otros. A modo de ejemplo, un lote de terneros provenientes de basalto superficial, bajo ciertas condiciones agroclimáticas, podría recibir un precio diferencial en el mercado, en determinada época del año, frente a otro lote de idénticas características, en el mismo remate, pero que provenía de las llanuras bajas del este o del cristalino del centro. Asimismo, dos lotes idénticos provenientes de la zona de areniscas pero que fueron vendidos en dos momentos

diferentes, donde prevalecían condiciones agroclimáticas contrastantes, también podrían registrar precios de compraventa diferentes.

CAPÍTULO 4 – MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 – Confección de la Muestra

La base de datos utilizada en esta investigación fue conformada con información proveniente de tres de las empresas de remates ganaderos más importantes del país en la actualidad: Plaza Rural, Pantalla Uruguay y Lote 21. La información básica de cada lote rematado (su descripción y el precio al que fue vendido) fue proporcionada por cada operador en planillas electrónicas o se transfirió manualmente desde archivos en formato PDF. Esta información fue luego sintetizada y transformada a formato MDB de Microsoft Access.

Los datos de los remates ocurridos entre junio de 2002 y febrero de 2005 fueron tomados de la base de datos utilizada en el estudio realizado por Lanfranco, Ois y Bedat (2006) y luego se incorporó a los mismos la información acerca de las variables agroclimáticas. Posteriormente, se procedió a actualizar los datos de los remates de Plaza Rural, incorporando, a su vez, información de los remates de Lote 21. Lamentablemente, no se pudo contar con nuevos datos de Pantalla Uruguay, por lo que sólo pudieron actualizarse los lotes de Plaza Rural.

En consecuencia, la base de datos utilizada en este estudio quedó finalmente constituida por 21.677 observaciones, provenientes de 91 remates por pantalla ocurridos entre junio de 2002 y diciembre de 2008. De Pantalla Uruguay se tomaron 23 remates³ transcurridos entre el 11/06/02 y el 27/12/04, de Plaza Rural, se incluyen 43 remates⁴ ocurridos entre el

³ Incluye los remates numerados como del 6 al 12, 14 al 17, 19 al 28, 30 y 31.

⁴ Incluye los remates numerados del 15 al 34, 36 al 45 y 47 al 57, considerando que tanto el remate 23 como el 30 se realizaron en dos etapas, por lo que se dividieron en dos remates diferentes (23A, 23B, 30A y 30B).

2/07/03 y el 19/12/07 y Lote 21 aportó información de 25 remates⁵, desde el 25/10/05 al 3/12/08.

Para la confección de la muestra definitiva se descartaron, en primera instancia, 82 lotes que finalmente no salieron a remate. A su vez, dado que el análisis se realizó para todos los animales cuyo precio estuviera por kilo en los catálogos, tuvieron que ser descartadas 3.947 observaciones pertenecientes a categorías cuyo precio estuviera especificado por animal o fuera cotizado al bulto. Ya que la muestra definitiva incluyó solamente los lotes efectivamente subastados, se descartaron 1.880 lotes que salieron a pista pero no fueron vendidos. Finalmente, se descartaron 3.482 observaciones que presentaban valores faltantes en alguna de las variables de interés, con lo que la muestra final utilizada para el análisis empírico ascendió a 12.286 observaciones.

Cada lote se identificó con un número, que se corresponde a una observación, en la muestra. En los casos en que un lote se haya subdividido en otros más pequeños a ser vendidos por separado, los sublotes se consideraron como observaciones independientes, ya que por lo general se vendieron a precios distintos. Se creó la variable *Lote* con el propósito de identificar las observaciones pero no se utilizó directamente en la estimación.

Al sólo efecto de controlar las condiciones de mercado al momento de cada remate, se incorporaron las mismas variables consideradas por Bedat y Ois (2005) y Lanfranco, Ois y Bedat (2006). La información del tipo de cambio corresponde a la publicada por el Banco Central del Uruguay (BCU) en su página Web. Las expectativas de precios fueron consideradas en el modelo a través de la inclusión de los precios de mercado para el novillo gordo publicados por el Instituto Nacional de Carnes (INAC).

⁵ Incluye los remates numerados del 6 al 30.

4.2 – Selección y Descripción de las variables del modelo

4.2.1 – Descripción de las variables

En primer lugar, es necesario aclarar que las variables agroclimáticas son inherentemente distintas al resto de las variables incluidas en el estudio. Si bien se trata de variables objetivas, su inclusión es arbitraria. A través de ellas se trató de estimar el posible efecto sobre las decisiones del comprador (y, como consecuencia, sobre el precio final de venta) tanto de la zona de origen del lote como de las características climáticas imperantes en la misma. La diferencia con respecto a las demás variables radica en que el comprador no las observa directamente sino que puede percibir las a través de otras características como el estado de los animales o de información climática proveniente de otras fuentes. En el caso de las zonas agroecológicas, el comprador puede tener una idea cabal al saber el departamento de origen del ganado, especificado en el catálogo. Es decir, estas variables no captan un efecto directo y observable sino que intentan ser, en su conjunto, una representación (*proxy*) de las condiciones de producción a través del estado de la vegetación y del agua disponible para el consumo de los animales en vísperas de cada remate.

A su vez, dentro del conjunto de variables que pretenden describir las características intrínsecas de cada lote, se crearon dos variables subjetivas para representar la posible uniformidad de los animales de un lote, en base a edad y tamaño, respectivamente. Su construcción se diferencia de las demás en que, en estos casos, la elección del valor que fue adjudicado a las mismas en cada lote, se realizó en base a lo especificado en las observaciones y la descripción general del lote, debido a que dicha característica no se describe en forma explícita en los catálogos.

4.2.1.1 – Variables que describen el lote

Para esta sección se tomó como referencia el estudio de Lanfranco, Ois y Bedat (2006).

Precio: Indica el valor de transacción alcanzado por cada lote, medido en dólares por kilogramo de peso vivo (U\$S/kg). El precio es la variable dependiente del análisis.

Precio de Referencia: Las expectativas de corto plazo en los precios juegan un papel importante en la toma de decisiones de los compradores de ganado, efecto que fue comprobado en el trabajo de Lanfranco, Ois y Bedat (2006). En este estudio, a diferencia del anterior, se utilizó como *Proxy* de los precios de referencia, los precios del novillo gordo publicado por INAC.

Orden: Esta variable indica el orden de entrada a pista de cada lote, para cada categoría representada en un remate particular. Diversos estudios han demostrado la importancia de esta variable en la evolución de los precios a lo largo de un remate. Buccola (1982) observó que los precios intra-remate, *ceteris paribus*, tienden a declinar durante el curso del mismo como consecuencia de un fenómeno que se conoce como “auto discriminación de los compradores” y que afecta las estrategias de compra de los oferentes. El concepto teórico subyacente a este fenómeno es que, pese a que los compradores siempre optarán por pagar el precio más bajo por un lote de ganado, se enfrentan, a su vez, al riesgo de no lograr comprar todos los lotes que necesitan y querrán, por lo tanto, minimizar este riesgo. Debido a esto, los compradores más aversos al riesgo estarán dispuestos a pagar precios más altos (más cercanos al precio de reserva) en las etapas iniciales del remate, provocando así el efecto mencionado anteriormente. Este fenómeno, a su vez, se ve exacerbado por las prácticas de los operadores del remate, quienes consideran que los primeros lotes rematados son cruciales en la determinación de las expectativas respecto a los precios que se alcanzarán en dicho remate. Como consecuencia, al momento de armar el orden de salida, el mismo se realiza tomando en cuenta las características

propias de cada lote para cada categoría, optándose por un orden decreciente en términos de calidad.

En el estudio realizado por Lanfranco, Ois y Bedat (2006) se incluyó la variable *Orden2* con intenciones de capturar los potenciales efectos no lineales de la relación entre el precio y el orden de salida a pista. Dado que este efecto resultó significativo, dicha variable se incluyó también en este trabajo.

Tipo de Cambio: Las transacciones en el mercado de haciendas se realizan, en su mayoría, en dólares americanos. Debido a esto, se creó la variable *TC*, que para cada observación, refleja el valor nominal promedio del tipo de cambio del mes en que se realizó el remate. Para el período considerado en la presente investigación, junio 2002 a diciembre 2008, el valor del dólar promedio fue \$25,62, oscilando entre \$17,79 y \$29,71.

Tamaño del lote: Indica el número de cabezas de ganado que integran el lote. Como se explica en el estudio de referencia, el tamaño del lote es una variable crucial en la determinación del precio del mismo. Debería esperarse una relación positiva (y en general decreciente) entre el precio y el tamaño del lote para el mercado uruguayo. Debido a esto, se incluyó esta variable en forma lineal (*T_Lote*) y cuadrática (*T_Lote2*).

Peso: Esta variable es considerada como la más influyente en la formación de los precios del ganado para reposición en invernada. Debería esperarse que el precio por kilogramo disminuyera en forma decreciente a medida que aumenta el peso promedio de los animales, como resultado de una relación cuadrática entre ambas variables (Lanfranco, Ois y Bedat, 2006). Para analizar este efecto, se incluyeron la variable lineal *Peso* y la variable cuadrática *Peso 2*.

Pesado: Se trata de una variable binaria que tomó el valor 1 (uno) cuando el peso se obtuvo como resultado de pesar al menos una muestra no menor al 20% de los animales; y tomó valor 0 (cero) si la muestra pesada era menor al 20%, si en el catálogo figuraba un rango de kilos o si explícitamente se aclaraba que el peso fue estimado.

Categoría: En este estudio sólo se consideraron las categorías que se cotizan en U\$/kg en pie. Esto incluye todas las categorías de machos excepto los reproductores (toros). Para las hembras, incluye terneras, vacas de invernada y todos los lotes de vacas y vaquillonas que se hayan cotizado de esa manera. En el cuadro 1 se presenta la clasificación de los animales, de acuerdo a las categorías utilizadas en los catálogos:

Cuadro 1 – Número de lotes por categoría

Categoría	Lotes	% Lotes
Terneros/Terneras	325	2,65%
Terneros	2.987	24,31%
Novillos 1-2 años	2.067	16,82%
Novillos 2-3 años	1.164	9,47%
Novillos + 2 años	10	0,08%
Novillos + 3 años	449	3,65%
Terneras	1.816	14,78%
Vaquillonas 1-2 años	1.191	9,69%
Vaquillonas + 2 años	237	1,93%
Vaquillonas Sin Servicio	169	1,38%
Vacas Entoradas	2	0,02%
Vacas de Invernada	1.782	14,50%
Sin Clasificar	87	0,71%
Total	12.286	100,00%

Fuente: Elaboración propia

No se incluyó una variable específica para identificar las diferentes categorías vacunas. En su lugar, se optó por incluir dos variables: el sexo y la uniformidad del lote en cuanto a la edad.

Para identificar el sexo de los animales, se eligió la variable binaria *Machos* que tomó el valor 1 (uno) si el lote está conformado únicamente por machos y tomó el valor 0 (cero) en cualquier otro caso. La muestra utilizada en la estimación se conformó con 6.678 lotes de machos y 5.609 lotes de hembras⁶.

La uniformidad del lote en cuanto a la edad se considera una variable de gran importancia en la toma de decisiones de los compradores. Para ver sus efectos, se incluyó la variable binaria *Edadu*, siendo su valor igual a 1 (uno) si el lote era parejo en edad y 0 (cero) si era desparejo. En el caso de los terneros, se consideró parejo un lote en el que todos los animales pertenecieran a la misma generación. Para las categorías de recría, el criterio utilizado se basó en si los animales del lote eran de dentición pareja (todos de 2, 4 ó 6 dientes), y en el caso de los animales de boca llena, se tomó en cuenta el nivel de desgaste en la dentición. Usando estos criterios, fueron definidos como uniformes un total de 3.789 lotes.

Raza/Cruzas: Con el fin de agrupar a las razas que presentan frecuencias bajas de aparición en los remates, se eligió una clasificación arbitraria realizada en base al origen de la raza o su finalidad en la producción. Se realizó una excepción al separar las razas Hereford y Angus de las demás Británicas, debido a su importancia en el mercado uruguayo. De esta manera, los lotes fueron divididos en Hereford, Angus, Otras Británicas, Continentales, Lecheras, Cebuínas y Cruzas Indiferenciadas.

En primer lugar, se creó una serie de variables binarias para la identificación de la raza dominante (Raza1, Raza2, Raza3, Raza4, Raza5, Raza6 y Raza7). Dichas variables tomaron el valor 1 (uno) si la raza se correspondía con la definida por la variable en cuestión y valor 0 (cero) en cualquier otro caso.

⁶ Incluyó lotes compuestos por terneros y terneras, mezclados en distintas proporciones.

Cuadro 2 – Descripción de razas ganaderas

Origen	Descripción de las razas
Británica	Pampa Negra, Fleckvieh, Shorton, razas de carne, cruzas carniceras, cruzas de Hereford y Aberdeen Angus, Duram, Belted Gallaway
Continental	Limousin y Charolais
Lechera	Holando, Normando y Jersey
Cebuina	Cebú
Cruza o Mezcla	Santa Gertrudis, Nelore, Branda, Salers, Devon, Criolla, rosillo, overo y barcino, lotes de cruzas indefinidas o de más de tres razas

En segundo lugar, para determinar si en el lote había cruzas o mezclas de animales de otras razas diferentes de la dominante, se crearon las siguientes variables binarias: Cr_AH, Cr_BC, Cr_LU⁷. En cada caso, la variable tomó valor 1 (uno) si dentro del lote había animales de la raza de interés o cruzas con otras razas.

Clase: Se trata de una calificación otorgada por el inspector en base a su apreciación subjetiva de los lotes. Utilizando una escala cualitativa, se intenta comparar la calidad de los animales en base a criterios raciales. A pesar de que las calificaciones no son idénticas para todos los mercados analizados, se presume que pueden equipararse con cierta facilidad. Para este estudio se estableció una equivalencia mediante una escala numérica (*Clase*), según la cual se recodificaron las observaciones (**Cuadro 3**).

⁷ C_AB incluye cruzas Aberdeen Angus – Hereford; C_BC, cruzas Británica - Continental y C_LU, cruzas Lechera - Cebuina

Cuadro 3 – Descripción de calificación de clase

Clase	Descripción Clase	Clase
E	Excelente	10
MB	Muy Bueno; Muy Bueno-Excelente	9
MBB	Muy Bueno Bueno	8
BMB	Bueno Muy Bueno; Bueno y Muy Bueno	7
B	Bueno	6
S	Sin epecificar	5
G	General	5
BR	Bueno Regular; Bueno General; Bueno Comercial	5
RB	Regular Bueno; General Bueno	4
R	Regular, General, Comercial, Variable	3

Estado: Se trata de una calificación otorgada por el inspector en base al estado corporal de los animales, utilizando una escala de notas similar a la utilizada para la variable *Clase*. Al igual que sucedió con esta variable, se realizó para *Estado* una equivalencia mediante una escala numérica, como puede observarse en el **Cuadro 4**.

Cuadro 4 – Descripción de calificación de estado

Estado	Descripción Estado	Estado
E	Excelente	10
MB	Muy Bueno (Gordo)	9
MBB	Muy Bueno Bueno	8
BMB	Bueno Muy Bueno; Bueno y Muy Bueno	7
B	Bueno (Criando)	6
S	Sin especificar	5
BR	Bueno regular(Corriente, Flaquerón, Fuerte, General, Bueno para abajo, Correcto)	5
RB	Regular bueno (Flacuchento, Flaco pero fuerte)	4
R	Regular (Flaco, Manufactura, Sentidos)	3

Nutrición: Esta variable indica el tratamiento nutricional que están recibiendo los animales al momento de la inspección. A partir de las diferentes alternativas nutricionales, se creó la variable binaria *Mej* que tomó valor 0 (cero) si la alimentación está basada en el

campo natural o si ésta no se especifica y tomó valor 1 (uno) para cualquiera de las restantes alternativas.

Mío-Mío: El mío-mío (*Baccharis coridifolia*) es una maleza tóxica, que de ser consumida por el ganado, puede producir lesiones graves o incluso la muerte. Aquellos animales que se han criado en campos con mío-mío la conocen y, por lo tanto, no la comen. Debido a esto, se presume que existe una demanda diferente por parte de los compradores provenientes de zonas donde la maleza está presente y se la considera una variable relevante. Así, se incorporó la variable binaria *Mio-Mio*, que tomó valor 1 (uno) si el ganado conoce mío-mío y 0 (cero) si no la conoce.

Garrapata: Otra información relevante para el comprador es si el lote proviene de una zona de garrapata. Originalmente, existen tres opciones: que el lote provenga de una zona libre de garrapata, que provenga de una zona de garrapata pero que los animales no la conozcan (establecimientos libres de garrapata) o que provenga de establecimientos con historia de garrapata y, por lo tanto, la conozcan e incluso presenten cierta resistencia. A efectos de incluir esta variable en el estudio, se optó por hacerlo a través de la variable binaria *Zgar*, que tomó valor 1 (uno) si el lote provenía de zona de garrapata (independientemente de que el establecimiento sea libre de la misma) y 0 (cero) en otro caso.

Uniformidad: Se trata de una variable que intenta considerar, en forma conjunta, la uniformidad del lote en cuanto a su tamaño, raza, estado, conformación y otros aspectos destacados. Así, se creó la variable binaria *Unif* que tomó valor 1 (uno) si se consideró que el lote era parejo, y 0 (cero) si no lo era.

Recomendado: Se trata de una evaluación general que realiza el inspector acerca de cada lote en particular. Se incorporó al estudio a través de la variable binaria *Recom* que tomó valor 1 (uno) cuando el inspector recomienda el lote explícitamente y tomó valor 0 (cero) en otro caso.

4.2.1.2 – Variables agroclimáticas

Época del año: El precio de las haciendas puede verse sensiblemente afectado por los cambios en las condiciones de humedad y temperatura, debido a que éstas pueden afectar sensiblemente la disponibilidad de pasturas. Para capturar dicho efecto estacional sobre los precios, se crearon cuatro variables binarias, *Tri1*, *Tri2*, *Tri3* y *Tri4*. Por simplicidad, las estaciones del año fueron divididas en trimestres, quedando estas variables definidas como se muestra en el **Cuadro 5**.

Cuadro 5 – Definición de trimestres

Variable	Estación	Vale 1 (uno) si el lote fue vendido en:	Lotes	%
<i>Tri1</i>	Verano	diciembre, enero, febrero	2,554	20.79%
<i>Tri2</i>	Otoño	marzo, abril, mayo	3,821	31.10%
<i>Tri3</i>	Invierno	junio, julio, agosto	2,916	23.73%
<i>Tri4</i>	Primavera	setiembre, octubre, noviembre	2,995	24.38%

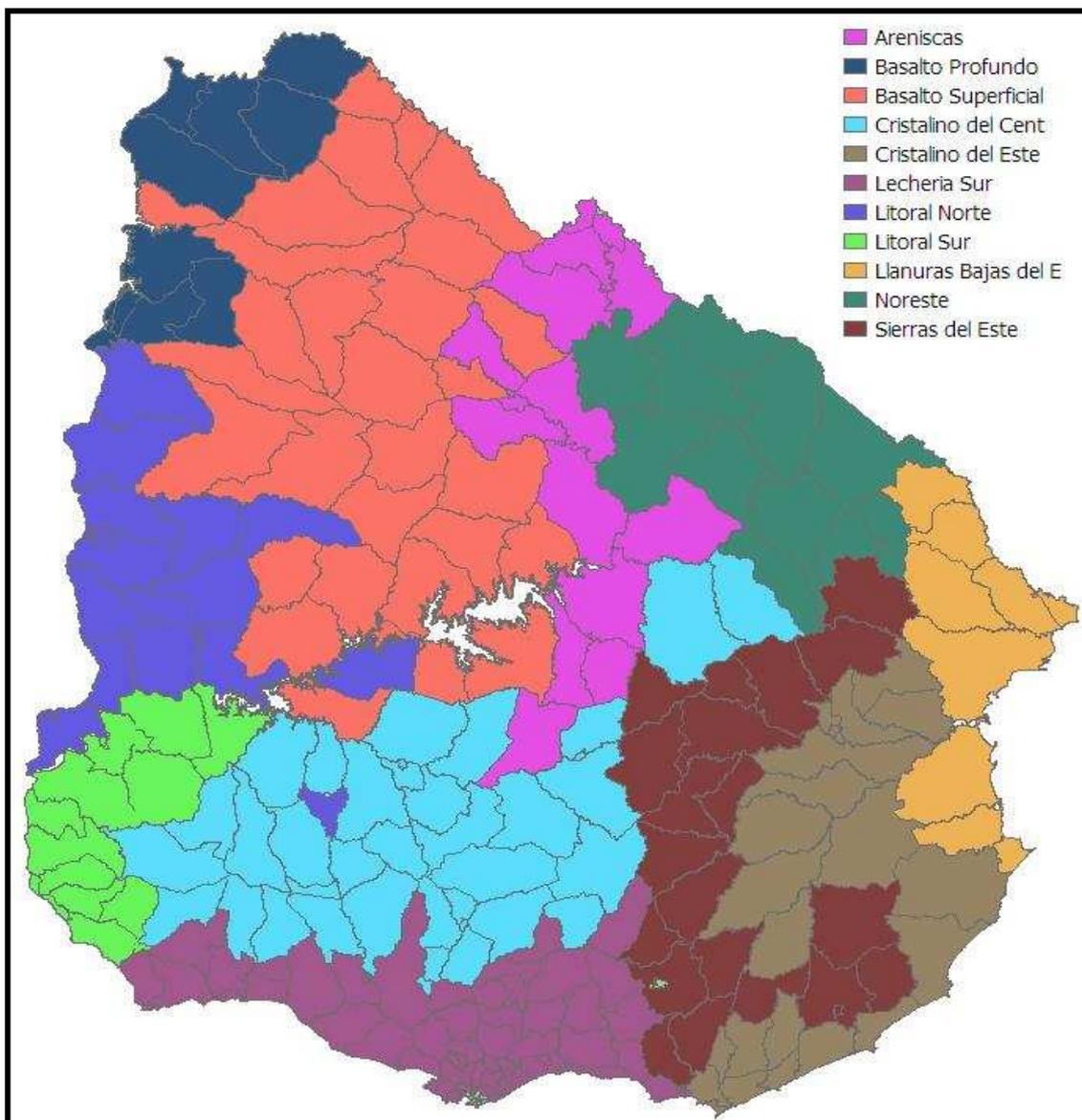
Fuente: Elaboración propia

Zonas Agroecológicas: Los efectos agroecológicos permanentes se incluyeron a través de las 11 zonas agroecológicas del país cuya información se encuentra disponible a nivel de seccional policial (**Figura 1**). Dichas zonas están definidas fundamentalmente en base a la dominancia de determinados grupos de suelos (Andregnette y Baethgen, 2004). Andregnette y Baethgen (2004) estimaron el potencial de producción de carne vacuna en Uruguay utilizando dicha zonificación.

A través de las variables definidas en base a las zonas agroecológicas se intentó captar si el origen de los animales puede llegar a ser un factor determinante en el precio de un lote. A pesar de que Uruguay presenta un clima relativamente uniforme, existen marcadas diferencias en los suelos desde el punto de vista físico, químico y biológico y en sus características asociadas (principalmente topografía y drenaje), lo cual provoca que los

mismos varíen mucho en su aptitud de uso agropecuario y en las modalidades de manejo que requieren.

Figura 1 – Mapa de zonas agroecológicas



Fuente: Tomado de Andregnette y Baethgen (2004).

En el presente trabajo se definió una variable binaria para cada **zona agroecológica**. La misma tomó valor 1 (uno) si el lote provenía de dicha zona y tomó valor 0 (cero) en caso contrario. La descripción de las características de las zonas agroecológicas se realizó en base al estudio efectuado por Berretta (2003).

Cuadro 6 – Descripción de las zonas agroecológicas

Código	Zona Agroecológica	Área (hás.)	Nº Lotes	% Lotes
1	Basalto Superficial	3,691,394	2,568.00	20.90
2	Sierras del Este	1,696,208	1,735.00	14.12
3	Llanuras bajas del Este	823,239	377.00	3.07
4	Cristalino del Centro	2,654,438	2,573.00	20.94
5	Cristalino del Este	1,452,844	1,118.00	9.10
6	Areniscas	1,318,251	851.00	6.93
7	Noreste	1,431,544	711.00	5.79
8	Basalto Profundo	915,274	581.00	4.73
9	Litoral Norte	1,410,852	1,172.00	9.54
10	Litoral Sur	782,692	179.00	1.46
11	Lechería Sur	1,284,407	421.00	3.43

Fuente: Elaboración propia

La variable *ZA1* representa la zona llamada *Basalto Superficial* y se caracteriza por tener suelos clasificados como superficiales y medianos. La mayoría de los sistemas de producción son de ganadería extensiva, de productividad e inversión bajas y, por lo tanto, altamente dependientes de las condiciones climáticas. La baja producción y el resultado económico de estos sistemas se debe tanto a fenómenos como la variación estacional, el bajo porcentaje de pasturas mejoradas y la escasa aplicación de otras tecnologías como a los posibles problemas económicos y financieros de los pequeños y medianos productores. Esta zona es una de las más despobladas del país y con el nivel más bajo en infraestructura y servicios sociales.

La variable *ZA2* (Sierras del Este) describe una zona con dos tipos de sierra: rocosa y no rocosa. La primera es muy heterogénea, oscilando la proporción de áreas rocosas entre 5 y 100 por ciento en pequeñas áreas diseminadas a lo largo de la misma, y presentando

pendientes que varían desde moderadas a empinadas. Por otro lado, en la sierra no rocosa, la tierra rocosa representa un área de 0 a 5 por ciento. Los suelos son principalmente superficiales o medios y con fertilidad baja. Estas características, así como la presencia de arbustos nativos y árboles pequeños, plantean dificultades para alambrear y dividir grandes potreros para manejar pasturas mejoradas y animales.

La zona llamada *Llanuras Bajas del Este* es representada por la variable ZA3. En esta zona, que se extiende sobre aproximadamente 823,239 hás y donde el 30% son humedales, el arroz es el único cultivo importante. Cuando este cultivo está ausente, principalmente por problemas de drenaje o irrigación, se practica la producción de ganadería extensiva, especialmente la cría vacuna.

Las variables ZA4 y ZA5 constituyen las zonas *Cristalino del Centro* y *Cristalino del Este*, respectivamente. La primera se caracteriza por ser de suelos graníticos, oscilando su topografía de medios a profundos y son aptos para la agricultura. Por su parte, la zona Cristalino del Este presenta un paisaje caracterizado por colinas onduladas con pendientes de entre 2 y 12 por ciento; siendo las áreas rocosas infrecuentes.

La zona *Areniscas (ZA6)* agrupa a suelos principalmente arenosos. El paisaje puede ser caracterizado como de colinas onduladas, con suelos profundos y de baja fertilidad. Han ocurrido grandes cambios debido al rápido aumento en las plantaciones forestales basadas en *Eucalyptus spp.* y *Pinus spp.*

La variable ZA7, en el mapa llamada *Noreste*, se caracteriza por la heterogeneidad de las propiedades del suelo, como textura, fertilidad y profundidad. El paisaje es mayormente de colinas onduladas. Los forrajes son principalmente pastos naturales que representan casi el 87 por ciento del área.

En el norte del país se encuentra la zona de *Basalto Profundo* (ZA8) caracterizada por suelos en su mayoría pesados, con permeabilidad baja y aptos para el cultivo del arroz. En los últimos 20 años, el área cultivada en esta sub-zona ha ido ganando espacio.

En las zonas llamadas *Litoral Norte* (ZA9) y *Litoral Sur* (ZA10) están establecidos los sistemas de producción ganadera y de cultivos más intensivos del país, teniendo una proporción alta de pasturas cultivadas, complementada con el uso de silo y heno para conservar forraje.

Por último, la variable ZA11 representa la zona *Lechería Sur*. Su nombre deriva del hecho de ser una zona lechera con hortalizas y frutales.

Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI): El NDVI⁸ o *índice verde* es una variable que permite estimar el desarrollo de la vegetación en base a la medición, mediante el uso de sensores remoto – satelitales, de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la misma emite o refleja.

Según lo explicado por el Observatorio Terrestre de la NASA en su página Web⁹, para determinar el estado de la vegetación de una superficie, los investigadores deben observar la combinación de bandas espectrales que son emitidas por las plantas. La clorofila absorbe poderosamente la banda visible roja (banda 1) para usarla en la fotosíntesis, mientras que la estructura celular de las plantas refleja fuertemente la banda cercana infrarroja.

A través de la interpretación de las imágenes producidas a partir de información captada por el satélite NOAA-AVHRR, los investigadores pueden medir la intensidad de la luz que sale de la Tierra proveniente de ambas bandas y cuantificar la capacidad fotosintética de

⁸ En inglés, Normalized Difference Vegetation Index.

⁹ <http://earthobservatory.nasa.gov>

la vegetación en un píxel determinado¹⁰ de la superficie terrestre. En general, si hay mucha más radiación reflejada en la banda cercana infrarroja que de la banda visible roja, la vegetación en ese píxel es probablemente densa pudiendo tratarse, por ejemplo, de un bosque. Si hay muy poca diferencia en la intensidad de la reflexión de ambas bandas, la vegetación probablemente sea escasa y se trate de una pradera o zona desértica.

La fórmula del NDVI es la siguiente:

$$NDVI = \frac{NIR - VIS}{NIR + VIS}$$

NIR = Radiación banda cercana infrarroja

VIS = Radiación banda visible

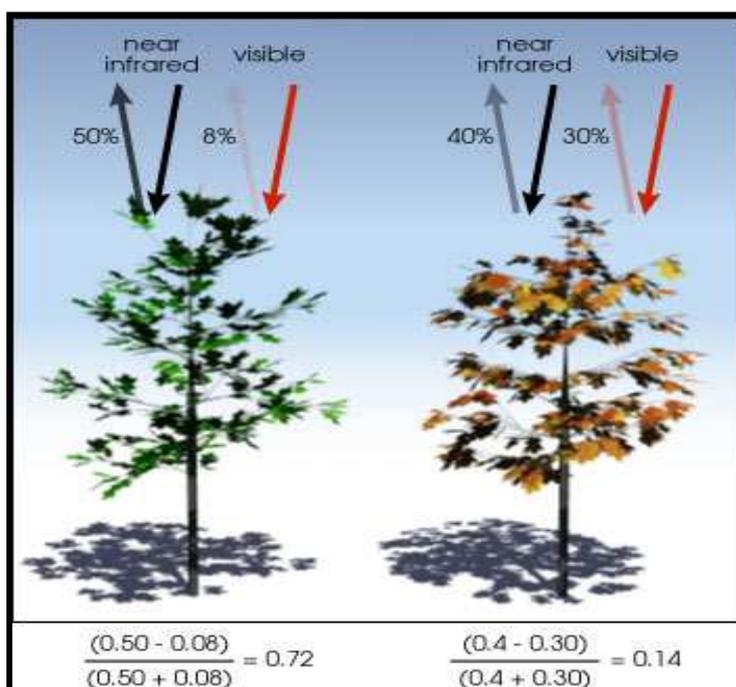
El NDVI se calcula a partir de las bandas espectrales que refleja la vegetación. Como puede observarse en la **Figura 2**, la vegetación sana (izquierda) absorbe la mayor parte de la luz visible que incide en ella, y refleja una gran parte de la banda cercana infrarroja. Si la vegetación es escasa o poco saludable (derecha) reflejará más luz visible y menos luz de la banda cercana infrarroja. Los números de esta figura son representativos de los valores reales.

El rango de valores que arroja este cálculo va del (-1) al (+1). Sin embargo, sólo los valores positivos se corresponden con zonas de vegetación. Dentro de estos valores, aquellos más cercanos a cero (0,2 – 0,45) se corresponden con zonas con vegetación rala, seca o bajo estrés y los más cercanos a 1 (mayores a 0,5) indican una vegetación sana, húmeda, densa o bien desarrollada. Los valores negativos, por su parte, pueden deberse a la presencia de nubes, nieve, agua, zonas de suelo desnudo y rocas.

¹⁰ A nivel de estos detectores, un píxel se corresponde con 1 Km. cuadrado

Los valores de NDVI para el territorio uruguayo son publicados mensualmente por el INIA. A los efectos de este estudio, se tomó el último valor disponible anterior a cada remate como *proxy* del estado de las pasturas en vísperas del mismo.

Figura 2 – Ejemplo de caso (NDVI)



Fuente: Earth Observatory, NASA¹¹

Disponibilidad de Agua: Para capturar el efecto tanto del agua disponible en el suelo como del agua no retenida por el mismo, se optó por incluir en el modelo dos indicadores: el **Porcentaje de Agua Disponible en el suelo (PAD)** y el **Agua No Retenida (ANR)**.

Ambos indicadores forman parte de las variables de salida del **Modelo de Balance Hídrico** publicado por el INIA¹². Este modelo realiza una estimación del contenido de

¹¹ http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.php

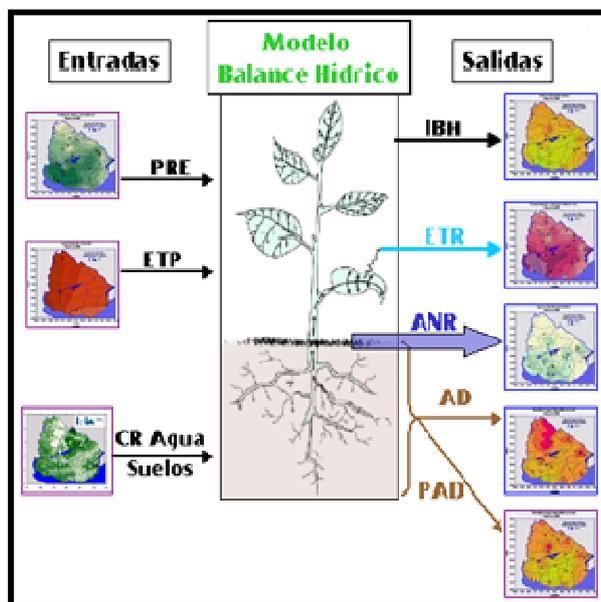
agua disponible en una región considerando el tipo de suelo, la precipitación efectiva, la demanda potencial de agua de la atmósfera y la transpiración de la vegetación.

Las variables de entrada del modelo son:

Precipitación Efectiva (PRE): Se calcula deduciendo de la precipitación registrada en 25 estaciones meteorológicas, un valor de escurrimiento superficial estimado en función de la lluvia antecedente

Evapotranspiración potencial (ETP): Se calcula en función de un modelo físico que estima la evapotranspiración potencial en base a valores diarios de: Temperatura, Humedad del Aire, Velocidad de Viento y Radiación Solar.

Figura 3 – Modelo de Balance Hídrico



Fuente: Unidad Técnica GRAS, INIA

¹² Unidad GRAS (Clima), INIA, http://www.inia.org.uy/gras/sig/simerpa/BH_historico.html

CR Agua Suelos: Es la capacidad de retener agua del suelo para cada una de las unidades de suelo definidas según la Carta de Reconocimiento de Suelos de Uruguay escala 1:1.000.000. El tipo de suelo determina la capacidad de retención máxima de agua de la zona de actividad de raíces.

Las variables de salida del modelo son:

Índice de Bienestar Hídrico (IBH)

Evapotranspiración Real (ETR)

Agua Disponible en el Suelo (ADI)

Porcentaje de Agua Disponible (PAD): Este indicador refleja la cantidad de agua que el suelo retiene y se define como:

$$PAD = \frac{ADI}{CC} * 100$$

ADI = Cantidad de agua en el suelo

CC = Capacidad de campo de ese suelo

En general, se consideran umbrales críticos para este indicador todos aquellos valores por debajo de 50% en cultivos extensivos y por debajo de 30 - 40% en pasturas.

Agua No Retenida (ANR): Este indicador se define como la suma del escurrimiento superficial y excesos de agua en el suelo (que excede el contenido de agua del suelo a capacidad de campo).

Tanto el PAD como el ANR son calculados, como valores decádicos, cada 10 días, por el INIA. A los efectos de este estudio, se incluyeron los valores de estos indicadores correspondientes a la década¹³ en que se llevó a cabo cada remate. De esta forma, se intentó representar de la manera más precisa posible las condiciones climáticas imperantes antes del remate.

Interacción de las Variables: En este estudio se incluyeron, además de las relaciones tamaño de lote x peso (TLotexPeso) y estado x peso (ExPeso), diversas interacciones que involucran a las variables agroclimáticas. Por un lado, se estudió la relación entre el ANR y el PAD (ANRxPAD). Por otro lado, se incluyó la interacción entre cada variable agroclimática y los diferentes trimestres del año (ANRxT1, ANRxT2, ANRxT3, PADxT1, PADxT2, PADxT3, NDVIxT1, NDVIxT2, NDVIxT3).

4.3 – Estimación del modelo hedónico

Rosen (1974) señaló que el modelo de precios hedónicos puede estimarse con el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) a través de una regresión simple. La variable independiente es el precio en dólares por kilogramo en pie (U\$/kg) de cada lote de ganado rematado. Los regresores, o variables independientes, son las características intrínsecas definidas de cada lote¹⁴.

Es importante resaltar que las características de cada lote en particular no constituyen los únicos factores de diferenciación entre los lotes. Dado que los animales no se venden individualmente sino agrupados en lotes, la conformación de los mismos (uniformidad del lote, cantidad de animales, etc.) se convierte en una variable clave para la medición de sus características. Dicha conformación depende, a su vez, de la estrategia de mercadeo utilizada. Como consecuencia de la importancia de estos factores en la determinación del precio final del lote, es necesario incluir variables de este tipo en la regresión.

¹³ Diez días

¹⁴ Se incluyen las variables agroclimáticas.

A través de la estimación del modelo de precios hedónicos se explica el valor de los atributos de un producto, dado por un vector que representa los valores marginales implícitos de cada característica. Dicho vector se obtiene luego derivar la función de precios $p_k(\mathbf{z})$ con respecto a cada una de las características z_k y evaluar las derivadas para cada una de las características comercializadas (Rosen 1974).

$$(4.1) \quad p = f(z_1, z_2, \dots, z_k)$$

$$(4.2) \quad p_k(\mathbf{z}) = \frac{\partial p(\mathbf{z})}{\partial z_k} \quad k = 1, 2, \dots, K$$

siendo p el precio del lote y p_k el precio implícito o valor marginal de la característica k .

Faminow y Gum (1986) sugirieron que la función de precios considerada debe permitir la inclusión términos cuadráticos de las variables. Se basan en el argumento realizado por Rosen (1974) sobre la escasa probabilidad de que la relación existente entre las mismas y el precio sea lineal. El fundamento de dicho argumento es la imposibilidad de descomponer el paquete de características con el objetivo de vender el producto por separado, debido a que existen costos marginales crecientes para los vendedores.

Asimismo, se incluyeron dentro de las variables explicativas a las condiciones de mercado (valor del tipo de cambio, expectativas existentes sobre los precios), y a las estrategias de mercadeo que adoptan los distintos operadores en el mercado (orden de entrada a la pista).

De esta forma, la ecuación que define el modelo de precios hedónicos aquí planteado se puede expresar de la siguiente manera:

$$(4.3) \quad p_n = \varphi + \sum_{k=1}^K \vartheta_k z_{nk} + \sum_{k=1}^K \rho_k z_{nk}^2 + \sum_{i=1}^K \sum_{k=1}^K \zeta_{ik} z_{ni} z_{nk} + \sum_{m=1}^M \tau_m w_{nm} + \sum_{s=1}^S \nu_s e_{ns} + \varepsilon_n \quad i \neq k$$

Con $n = 1, 2, \dots, N$

Siendo n el número de lote para el cual se explica el precio, con K características, M condiciones de mercado y E estrategias de mercadeo. Las variables z_{nk} y z_{nk}^2 definen las relaciones lineales y cuadráticas de la característica k . Por su parte, $z_{ni} \times z_{nk}$ representa las posibles interacciones entre la variable i y la correspondiente variable k . A su vez, w_{nm} representa la m -ésima condición de mercado, mientras que e_{ns} identifica la estrategia de mercadeo s adoptada, ambas para el lote n . Así, el modelo posee una constante, k relaciones lineales, k relaciones cuadráticas, $(K \times K) - K$ interacciones entre las características, M condiciones de mercado y S estrategias. Los coeficientes asociados a los mismos φ , ϑ_k , ρ_k , ζ_{ik} , τ_m y ν_s son estimados a través de la regresión multivariada. El término ε_n representa el error residual, el cual es independiente e idénticamente distribuido Normal, con media igual a cero y varianza $\sigma^2 I$.

Al diferenciar la ecuación anterior con respecto z_k y sustituir los coeficientes estimados de los parámetros en la misma, se obtiene el valor marginal implícito de la k -ésima característica:

$$(4.4) \quad p_k = \hat{\vartheta}_k + 2\hat{\rho}_k z_k + \hat{\zeta}_{ik} z_i \quad i \neq k$$

Debe estudiarse la existencia de heteroscedasticidad en los residuos del modelo, debido a que existe una alta probabilidad de que los mismos presenten esta característica. La heteroscedasticidad implica que la varianza no es constante, provocando que los

estimadores por MCO no posean las propiedades deseadas (Johnston, J. y DiNardo, J., 1997). Los contrastes generalmente utilizados son la prueba de White y el Multiplicador de Lagrange (ML), siendo este último una variante del primero. Como hipótesis a contrastar se define:

$$H_0) \sigma_k^2 = \sigma^2 \quad \forall n$$

$$H_a) \sigma_k^2 \neq \sigma^2$$

Se debe estimar una regresión auxiliar definiendo al cuadrado de los residuos del modelo estimado como la variable independiente en función de la constante y las demás variables del modelo, sus cuadrados e interacciones. Bajo la hipótesis nula, se especifica el estadístico $(N \times R^2)$ que se distribuye asintóticamente (χ^2) Chi cuadrado con r grados de libertad (r representa el número de variables en la regresión auxiliar menos la constante). A su vez, para realizar la prueba de ML se definen como variables independientes los cuadrados de los valores ajustados de la regresión principal.

Una de las limitantes que presenta la prueba de White es que no proporciona información acerca de la forma de la heteroscedasticidad, la cual es imprescindible para estimar los coeficientes de la regresión. Este problema impide, a su vez, calcular los errores estándar de los coeficientes estimados, ya que éstos se construyen a partir de un estimador consistente.

Los parámetros del modelo (4.3) se estimaron a través de la expresión:

$$(4.5) \quad \hat{\beta} = (X'X)^{-1} X'y$$

$\hat{\beta}$ es un vector $T \times 1$, que incluye los parámetros de los coeficientes de la regresión descritos anteriormente. La variable independiente es el vector de precios y de dimensión

$(N \times 1)$ y X la matriz $(N \times T)$ de datos. A su vez, $T = 1 + K(k + 1) + M + S$, es la cantidad de variables independientes del modelo. Davidson y MacKinnon (1993) definen una matriz de *varianzas y covarianzas MCO generalizada*, partiendo de una matriz $(N \times N)$ de varianzas-covarianzas de los residuos $Cov(\varepsilon) = \Sigma = \sigma^2 \Omega$, de la siguiente forma:

$$(4.6) \quad Var(\hat{\beta}) = \sigma^2 [X'X]^{-1} [X'\Omega X] [X'X]^{-1}$$

Al conocer la forma de la heteroscedasticidad, se logra calcular la misma, y por consiguiente obtener estimadores consistentes y eficientes del modelo. El modo de calcular Ω en los casos donde no se conoce la forma de la heteroscedasticidad, es explicitada por dichos autores. Si h_n es el enésimo elemento de la diagonal de la matriz de proyección $\hat{P}_x \equiv \hat{X}(\hat{X}'\hat{X})^{-1}\hat{X}'$ y e_n la estimación de ε_n , entonces la matriz de varianzas y covarianzas estimada es:

$$(4.7) \quad Est.Var.(\hat{\beta}) = [X'X]^{-1} \left[\frac{\sum_{n=1}^N e_n^2 x_n x_n'}{(1-h_n)} \right] [X'X]^{-1}$$

CAPÍTULO 5 – APLICACIÓN Y RESULTADOS DEL MODELO HEDÓNICO

Para la estimación del modelo hedónico por MCO se consideraron sólo aquellas observaciones correspondientes a lotes efectivamente subastados, quedando la muestra constituida finalmente por $N = 12.286$ observaciones. Reparametrizando la ecuación (4.3) de manera tal que β_t sea el vector de coeficientes a ser estimado, el modelo estimado puede reescribirse como:

$$\begin{aligned}
 \text{Precio} = & \beta_0 + \beta_1 \text{Orden}_n + \beta_2 \text{Orden2}_n + \beta_3 \text{TC}_n + \beta_4 P_ \text{Inac}_n + \beta_5 \text{Tri1}_n + \beta_6 \text{Tri2}_n \\
 & + \beta_7 \text{Tri3}_n + \beta_8 \text{Machos}_n + \beta_9 T_ \text{Lote}_n + \beta_{10} T_ \text{Lote2}_n + \beta_{11} \text{Peso} + \beta_{12} \text{Peso2} \\
 & + \beta_{13} E \times P + \beta_{14} T \times P + \beta_{15} \text{Raza2}_n + \beta_{16} \text{Raz3}_n + \beta_{17} \text{Raza4}_n + \beta_{18} \text{Raza5}_n \\
 & + \beta_{19} \text{Raza6}_n + \beta_{20} \text{Raza7}_n + \beta_{21} C_ \text{AH}_n + \beta_{22} C_ \text{BC}_n + \beta_{23} C_ \text{LU}_n \\
 & + \beta_{24} \text{Zgar}_n + \beta_{25} \text{Edadu}_n + \beta_{26} \text{Clase}_n + \beta_{27} \text{Estado}_n + \beta_{28} \text{Mej}_n + \beta_{29} \text{MioMio}_n \\
 & + \beta_{30} \text{Unif}_n + \beta_{31} \text{Re com}_n + \beta_{32} \text{ZA1}_n + \beta_{33} \text{ZA2}_n + \beta_{34} \text{ZA3}_n + \beta_{35} \text{ZA4}_n + \beta_{36} \text{ZA5}_n \\
 & + \beta_{37} \text{ZA6}_n + \beta_{38} \text{ZA7}_n + \beta_{39} \text{ZA8}_n + \beta_{40} \text{ZA9}_n + \beta_{41} \text{ZA10}_n + \beta_{42} \text{NDVI}_n \\
 & + \beta_{43} \text{NDVI2}_n + \beta_{44} \text{ANR}_n + \beta_{45} \text{ANR2}_n + \beta_{46} \text{PAD}_n + \beta_{47} \text{PAD2}_n \\
 & + \beta_{48} \text{ANR} \times \text{PAD}_n + \beta_{49} \text{ANR} \times \text{T1}_n + \beta_{50} \text{ANR} \times \text{T2}_n + \beta_{51} \text{ANR} \times \text{T3}_n \\
 & + \beta_{52} \text{PAD} \times \text{T1}_n + \beta_{53} \text{PAD} \times \text{T2}_n + \beta_{54} \text{PAD} \times \text{T3}_n + \beta_{55} \text{NDVI} \times \text{T1}_n \\
 & + \beta_{56} \text{NDVI} \times \text{T2}_n + \beta_{57} \text{NDVI} \times \text{T3}_n + \varepsilon_n
 \end{aligned}$$

En este caso, la cantidad de parámetros estimados fue $T = 57$.

Como puede observarse en la ecuación, se incluyeron en el modelo hedónico términos cuadráticos para las variables *Orden*, *T_Lote*, *Peso*, *NDVI*, *ANR* y *PAD* y se consideraron interacciones entre diversas variables: estado del ganado y peso promedio (*EstadoxPeso*), tamaño del lote y peso promedio (*TLotexPeso*), agua no retenida y porcentaje de agua disponible (*ANRxPAD*), así como el efecto de la interacción entre cada variable agroclimática y los diferentes trimestres del año (*ANRxT1*, *ANRxT2*, *ANRxT3*, *PADxT1*, *PADxT2*, *PADxT3*, *NDVIxT1*, *NDVIxT2*, *NDVIxT3*). Finalmente, para evitar los problemas de singularidad en la matriz de datos debidos al uso de variables

binarias, fueron descartadas las opciones *Raza 1 (Hereford)*, *Trimestre 4 (Primavera)* y *ZA11 (Lechería Sur)*.

Para estudiar la significación del modelo en su conjunto, se evaluó la siguiente hipótesis:

$$H_0) \beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_{57} = 0$$

H1) Algún $\beta_i \neq 0$ con $i = 1$ a 53 .

$$\text{Con } F_{(q, K-T)} = F_{(57, 12.286-57)} \approx F_{(50, \infty)}$$

El estadístico F del modelo arrojó un valor de 1259,90, mientras que el valor de tabla de $F_{(50, \infty)}$ al 1% corresponde a 1,52. Así, puede rechazarse la hipótesis nula, afirmando que el modelo en su conjunto resultó significativo a un nivel de aceptación del 99%.

El lote base fue definido como un lote de hembras, proveniente de una zona sin garrapata de la zona Sur, de raza Hereford, sin cruas ni mezclas de otras razas, vendido en el cuarto trimestre del año (primavera). A su vez, el peso del lote fue estimado por el inspector, no se destacó por su uniformidad ni en tamaño ni en edad, ni fue explícitamente recomendado. Su alimentación previa al remate fue sobre campo natural, siendo no conocedor de mío-mío.

El coeficiente de correlación múltiple R^2 arrojó un valor de 0,854491, mientras que el valor para la versión ajustada fue muy similar $R_{Aj}^2 = 0,853813$. Dado que este último estadístico tiene en cuenta el número de regresores utilizados en la ecuación, estos valores indicarían que el modelo no fue penalizado por la inclusión de variables con bajo poder explicativo, ofreciendo una garantía de su correcta especificación.

Tabla 1 – Estimación del Modelo Hedónico

Variable	Signo Esperado	Estimación del parámetro	Desviación Estándar	Estadístico - t	Probabilidad y Significación
Constante	+	0,6924980	0,062213	11,13100	*** [.000]
ORDEN	-	-0,0003995	0,000031	-12,83810	*** [.000]
ORDEN2	+/-	0,0000011	0,000000	14,49240	*** [.000]
TC	+/-	-0,0069193	0,000452	-15,29410	*** [.000]
P_INAC	+	0,6938720	0,008061	86,07330	*** [.000]
TRI1	-	-0,0031781	0,031888	-0,09967	[.921]
TRI2	-	-0,1538290	0,027599	-5,57371	*** [.000]
TRI3	-	0,1010960	0,035027	2,88628	*** [.004]
MACHOS	+	0,1748660	0,002071	84,45170	*** [.000]
T_LOTE	+	0,0003135	0,000080	3,91825	*** [.000]
T_LOTE2	-	-0,0000001	0,000000	-1,11548	[.265]
PESO	-	-0,0009871	0,000068	-14,60260	*** [.000]
PESO2	+	0,0000001	0,000000	1,31901	[.187]
EXPESO	+/-	0,0000419	0,000008	5,59107	*** [.000]
TXP	+/-	-0,0000007	0,000000	-2,73787	*** [.006]
RAZA2	+/-	0,0081064	0,002983	2,71725	*** [.007]
RAZA3	+/-	-0,0195720	0,003867	-5,06183	*** [.000]
RAZA4	+/-	-0,0177560	0,008306	-2,13778	** [.033]
RAZA5	+/-	-0,1459910	0,008941	-16,32880	*** [.000]
RAZA6	+/-	-0,0160460	0,009353	-1,71547	* [.086]
RAZA7	+/-	-0,0263990	0,002936	-8,99243	*** [.000]
C_AH	-	0,0043319	0,001737	2,49347	** [.013]
C_BC	-	-0,0081860	0,001500	-5,45685	*** [.000]
C_LU	-	-0,0010289	0,001381	-0,74529	[.456]
ZGAR	+/-	-0,0087989	0,002018	-4,36031	*** [.000]
EDADU	+	0,0140550	0,002105	6,67786	*** [.000]
CLASE	+	0,0094513	0,000634	14,90390	*** [.000]
ESTADO	+/-	-0,0056994	0,002129	-2,67702	*** [.007]
MEJ	+	0,0026489	0,002295	1,15424	[.248]
MIOMIO	+	0,0095099	0,002729	3,48503	*** [.000]
UNIF	+	-0,0047859	0,001864	-2,56726	** [.010]
RECOM	+	0,0143370	0,002276	6,29894	*** [.000]
ZA1	+/-	0,0106300	0,005644	1,88344	* [.060]
ZA2	+/-	-0,0158720	0,005576	-2,84667	*** [.004]
ZA3	+/-	-0,0063606	0,007192	-0,88438	[.377]
ZA4	+/-	-0,0023609	0,005483	-0,43057	[.667]
ZA5	+/-	-0,0112220	0,005815	-1,92983	* [.054]
ZA6	+/-	-0,0043539	0,006098	-0,71404	[.475]
ZA7	+/-	-0,0144030	0,006186	-2,32851	** [.020]
ZA8	+/-	-0,0035604	0,006571	-0,54181	[.588]
ZA9	+/-	0,0135600	0,006032	2,24803	** [.025]
ZA10	+/-	-0,0049136	0,008054	-0,61011	[.542]
NDVI	+/-	-0,0110740	0,001714	-6,46192	*** [.000]
NDVI2	+/-	0,0001150	0,000013	8,63745	*** [.000]
ANR	+/-	0,0020925	0,000322	6,50067	*** [.000]
ANR2	+/-	-0,000000232043	0,000000	-12,78330	*** [.000]
PAD	+/-	-0,0006331	0,000301	-2,10238	** [.036]
PAD2	+/-	0,0000049	0,000002	2,70349	*** [.007]
ANRXPAD	-	-0,0000202	0,000003	-6,00001	*** [.000]
ANRXT1	+/-	-0,0009551	0,000114	-8,38154	*** [.000]
ANRXT2	+/-	0,0002285	0,000087	2,63728	*** [.008]
ANRXT3	+/-	-0,0001651	0,000103	-1,60406	[.109]
PADXT1	+/-	0,0004017	0,000194	2,07481	** [.038]
PADXT2	+/-	0,0003274	0,000158	2,06627	** [.039]
PADXT3	+/-	0,0004248	0,000189	2,24185	** [.025]
NDVXT1	+/-	0,0003549	0,000502	0,70678	[.480]
NDVXT2	+/-	0,0019256	0,000447	4,30876	*** [.000]
NDVXT3	+/-	-0,0024608	0,000515	-4,77484	*** [.000]

Nivel de significación (α) de la prueba t de Student, a dos colas: *** 1%; ** 5%; * 10%

En la **Tabla 1** pueden observarse los coeficientes estimados de la regresión multivariada, junto con el signo que se esperaba a priori de los mismos, sus desviaciones estándar y el valor que arrojaron para el estadístico t. En las dos últimas columnas se aprecian la probabilidad de cometer error del tipo I y la significación estadística, para tres niveles de α (1%, 5% y 10%).

Tabla 2

Variable Dependiente	Precio por Kg en pie		
Nº observaciones	12,286		
Media de la Var. Dep.	0.876935		
Desv. Std. de la Var. Dep.	0.233094		
Suma de los residuos al cuad.	97.132100		
Varianza de los residuos	0.007943		
Error estándar de la regresión	0.089122		
R-cuadrado	0.854491		
R-cuadrado ajustado	0.853813		
Test. de het. LM	1,061.86	**	[.000]
Test de het. White	3,999.12	**	[.000]
Estadístico F	1,259.900	**	[.000]
Log likelihood	12,301.40		

Para realizar la prueba de significación de los parámetros, la hipótesis planteada fue:

H0) $\beta_i = 0$ con $i = 1$ a 57.

H1) $\beta_i \neq 0$ con $i = 1$ a 57.

Los resultados obtenidos de esta prueba reflejan el alto porcentaje de coeficientes estimados que resultaron estadísticamente significativos. De un total de 57 parámetros estimados, 46 fueron significativos, al menos al 10% ($\alpha = 0,1$). Para el 5% de significación, 43 parámetros resultaron significativos y, si se reduce la probabilidad de

cometer error de tipo I al 1%, esta cantidad se reduce a 34, cifra que, igualmente, se considera elevada.

5.1 – Análisis de resultados de las Condiciones de Mercado y Estrategias de mercadeo

Para capturar las condiciones que afectaban al mercado, se optó por incluir dos variables: el tipo de cambio y el precio de referencia. Al igual que en Lanfranco Ois y Bedat (2006), el Tipo de Cambio fue estadísticamente significativo al 1%, sólo que en el presente estudio su coeficiente (-0,00691930) fue negativo. Esta variable se incluyó en el modelo principalmente como variable de control y no poseía, al momento de su inclusión, un signo esperado definitivo. En este caso, su signo negativo puede deberse a la ocurrencia en la mayor parte del período de estudio, de una apreciación del peso con respecto al dólar. Dado que los productores reciben sus ingresos en dólares pero deben pagar muchos de sus costos en pesos (salarios, costo de vida, etc.), esta evolución del Tipo de Cambio puede haber resultado desfavorable para su situación.

En cuanto al precio de referencia, en este estudio se optó por incluir los precios de novillos y vacas gordas publicados por la INAC, mientras que en el de Lanfranco, Ois y Bedat (2006) se incluyeron los precios publicados por la ACG. Pese a esta diferencia, los resultados en cuanto al efecto de esta variable sobre el precio fueron similares. En ambos trabajos, el coeficiente estimado fue significativo y positivo (para este estudio arrojó un valor de 0,693872), confirmando que estos precios son una referencia útil para los agentes.

Con respecto a las estrategias de mercadeo, tanto la variable *Orden* (-0,000399465) como la variable *Orden2* (0,00000112560) resultaron estadísticamente significativas al 1%. Esto confirma la observación realizada en los estudios de Lanfranco, Ois y Bedat (2006) en cuanto al comportamiento de dicha variable. Estos autores sugirieron que en los remates de hacienda en Uruguay los precios tienden a declinar en el transcurso de un mismo

remate. A su vez, explicaron que “a medida que transcurre el remate el precio cae en forma decreciente, es decir, la caída es más pronunciada al principio y se estabiliza hacia el final”.

5.2 – Análisis de resultados de las Características propias del Lote

La variable T_Lote fue significativa al 1% y su coeficiente estimado (0,000313509) de signo positivo, confirmando la relación directa entre el tamaño del lote y el peso por kilo. Sin embargo, la condición no lineal de esta relación no pudo ser confirmada, ya que el término cuadrático, pese a presentar el signo esperado (-0,000000148), no resultó significativo para ninguno de los niveles considerados. De todos modos, pudo corroborarse la relación existente entre el tamaño del lote y el peso promedio de los animales que lo componen, ya que el coeficiente estimado de la variable TxP (tamaño del lote por peso) resultó significativo al 1% y de signo negativo (-0,0000007). Esto indicaría que a medida que aumenta el peso promedio de los animales, el tamaño óptimo del lote (aquel para el cual se obtiene un mayor precio) tiende a ser menor.

La variable $Peso$, por su parte, resultó significativa al 1% y su coeficiente estimado de signo negativo (-0,000987142). Sin embargo, tampoco pudo confirmarse el carácter no lineal de dicha relación, ya que la variable $Peso2$ no resultó significativa para ninguno de los niveles considerados. A su vez, pudo confirmarse la interacción positiva entre el peso de los animales y el estado de los mismos. La variable ExP (estado por peso) fue significativa al 1% y de signo positivo (0,0000419334), lo cual indicaría que a igualdad de peso, los animales con mejor estado recibirían un premio y, como consecuencia, un mejor precio por kilo, *ceteris paribus*.

El coeficiente estimado para la variable $Machos$ resultó significativo al 1% y de signo positivo (0,174866). Esto indicaría que los lotes compuestos exclusivamente por machos se cotizaron, en promedio, 17 centavos de dólar por encima de aquellos compuestos por

hembras o cuya composición fue mixta. En su estudio, Lanfranco, Ois y Bedat (2006), sugirieron que “la razón por la que el mercado paga más por los machos, a igualdad de otras condiciones, se debe a que las hembras tienen la posibilidad de ingresar al rodeo de cría, aumentando por lo tanto el lapso de tiempo para su transformación en el producto final del sector primario, es decir, en carne”. Recién al llegar al final de su vida útil como vientres, se incorporan al proceso de invernada y engorde para faena.

En lo que respecta a la raza predominante, todos los coeficientes estimados resultaron estadísticamente significativos. Los resultados indican que aquellos lotes cuya raza predominante es Aberdeen Angus (*Raza2*) recibieron un premio de 0,8 centavos de dólar por kilo con respecto a los lotes con predominancia de Hereford¹⁵; dado que el coeficiente respectivo (0,008106) resultó positivo y significativo. En cuanto a los lotes donde se observa predominancia de otras razas Británicas (*Raza3*), Continentales (*Raza4*), Lecheras (*Raza5*) ó Cebuínas (*Raza6*), los coeficientes fueron negativos, evidenciándose un descuento en el precio por kilo respecto al lote base. Los valores son (-0,019572), (-0,017756), (-0,145991) y (-0,016046), respectivamente. De la misma forma, cuando no existe predominancia de ninguna raza (*Raza7*) el valor del coeficiente es también negativo (-0,026399).

Otro elemento que resultó ser importante para los compradores es la presencia, en los lotes, de diversas razas de animales o cruza. Aquellos lotes en los que la raza predominante no era Hereford ni Angus pero tenían cruza o algunos animales de estas dos razas (*C_AH*), recibieron mejores precios que aquellos en los que estas razas estaban ausentes (el valor del coeficiente estimado fue 0,004332). En cambio, la presencia de cruza continentales u otras razas británicas en lotes con predominancia de otras razas (*C_BC*), resultó en descuentos en el precio (-0,008186). Por último, el coeficiente de la variable asociada a las cruza Lecheras y Cebuínas (*C_LU*), si bien exhibió signo negativo, no fue significativo.

¹⁵ Raza tomada como base.

La variable numérica *Clase* utilizada como *proxy* para la clasificación de clase presente en los catálogos, arrojó un valor estimado positivo (0,009451) y significativo al 1%. Por consiguiente, a medida que mejoró la calificación recibida por un lote, su precio de remate fue mayor, *ceteris paribus*.

Por su parte, la uniformidad del lote se estudió a través de dos variables: *Unif* (se observa si el lote es uniforme en cuanto a su tamaño y estado) y *Edadu* (indica si el lote es uniforme en edad). El coeficiente correspondiente a la primer variable fue negativo y estadísticamente significativo (-0,004786). Sin embargo, los lotes que presentaron uniformidad en cuanto a la edad de los animales percibieron un precio mayor, siendo el valor del coeficiente estimado positivo (0,014055) y significativo al 1%. Estos resultados no fueron los reflejados en el trabajo de Lanfranco, Ois y Bedat (2006), donde se observó que la uniformidad en cuanto a edad, a pesar de ser positiva, no era significativa, y la variable *Unif* presentó signo positivo. La disparidad en los resultados puede explicarse debido a la forma de recopilar los datos. Como se explicó anteriormente, la definición de uniformidad tanto en tamaño y conformación del lote como en edad no es explicitada en los catálogos sino que se realizó en base a la interpretación de la información presente en la descripción general del lote.

La variable *Mej*, que intenta capturar la información sobre el tratamiento nutricional, no resultó significativa, en contraposición a los resultados obtenidos en el estudio de referencia. Por otro lado, el coeficiente de la variable *Zgar* fue significativo y de signo negativo (-0,008799), lo cual implica un descuento para aquellos lotes provenientes de zona de garrapata. Por su parte, la familiaridad del ganado con el mío-mío fue visto por los agentes como una ventaja (el coeficiente estimado resultó positivo e igual a 0,009510), confirmando que se trata de una característica por la que están dispuestos a pagar un premio.

Por último, la significación estadística de la variable *Recom* (0,014337) confirmó que los compradores asignan importancia a la opinión subjetiva del inspector. A igualdad de otras

condiciones, los lotes recomendados reciben una bonificación sobre el precio de remate, respecto a los lotes que no han recibido esta calificación.

5.3 – Análisis de los resultados de las variables agroclimáticas

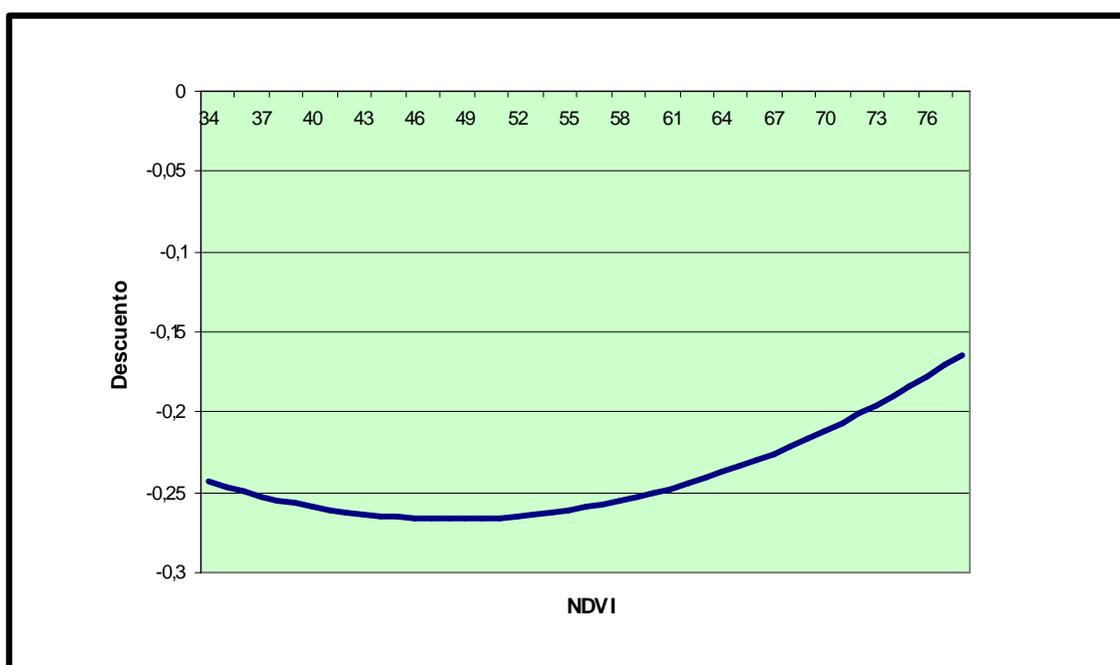
En primer lugar, el efecto estacional sobre los precios pudo confirmarse para los trimestres 2 y 3 (otoño e invierno), mientras que el trimestre 1 (verano) no resultó significativo para ninguno de los niveles considerados. El coeficiente de la variable *Otoño* (-0,153829) fue negativo y significativo al 1%, reflejando un descuento frente a los precios de primavera, el trimestre de referencia. La variable *Invierno*, por su parte, resultó también significativa al 1% pero su signo fue positivo (0,101096), lo cual indica un premio frente al periodo base.

Las variables correspondientes a las Zonas Agroecológicas intentan captar el efecto de la zona de origen del lote sobre el precio. Algunas de ellas resultaron ser influyentes en la determinación del mismo, lo cual significa que si un lote proviene de alguna de estas zonas, será valorado de manera diferente por parte del mercado, con respecto a la zona agroecológica tomada como referencia, *Lechería Sur* (ZA11).

Las zonas que presentaron valores significativos fueron las siguientes: *Basalto Superficial* (0,0106300), *Sierras del Este* (-0,0158720), *Cristalino del Este* (-0,0112220), *Noreste* (-0,0144030) y *Litoral Norte* (0,0135600). Las únicas zonas que presentaron un valor positivo fueron *Basalto Superficial* y *Litoral Norte*, implicando un premio en el precio respecto de los lotes provenientes de la zona base. El resto presentó un descuento en el precio. Las zonas *Llanuras Bajas del Este*, *Cristalino del Centro*, *Areniscas*, *Basalto Profundo* y *Litoral Sur* no resultaron significativas para ningún grado de significación considerado.

Las variables *NDVI* y *NDVI2* resultaron significativamente distintas de cero al 1%, siendo los valores (-0,0110740) y (0,0001150), respectivamente. Como se puede apreciar en el **Gráfico 1**, existe un descuento sobre el precio que se va incrementando a medida que disminuyen los valores observados de *NDVI*.

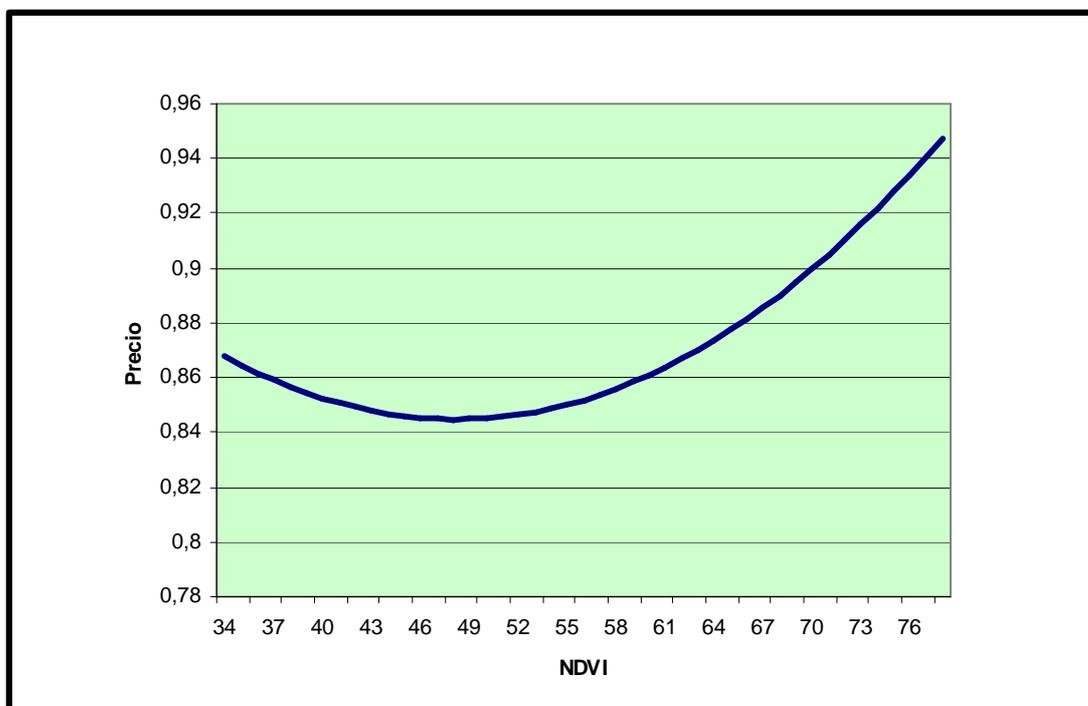
Gráfico 1 – Contribución marginal del índice verde sobre el precio por kilo



Fuente: Elaboración propia en base a la estimación

El término cuadrático, al ser positivo, indica que a medida que cae el valor del *NDVI*, el castigo es mayor. Esto puede deberse a que un *NDVI* menor implica una situación desfavorecedora para el productor. Cuando el valor de dicho índice es bajo las pasturas están en peores condiciones. El productor tiene que reducir la carga animal en el campo deshaciéndose del excedente de ganado que no puede retener por falta de alimento, aumentando la oferta de ganado existente en el mercado, y por ende afectando a la baja al precio.

Gráfico 2 – Relación entre el precio por kilo y el índice verde

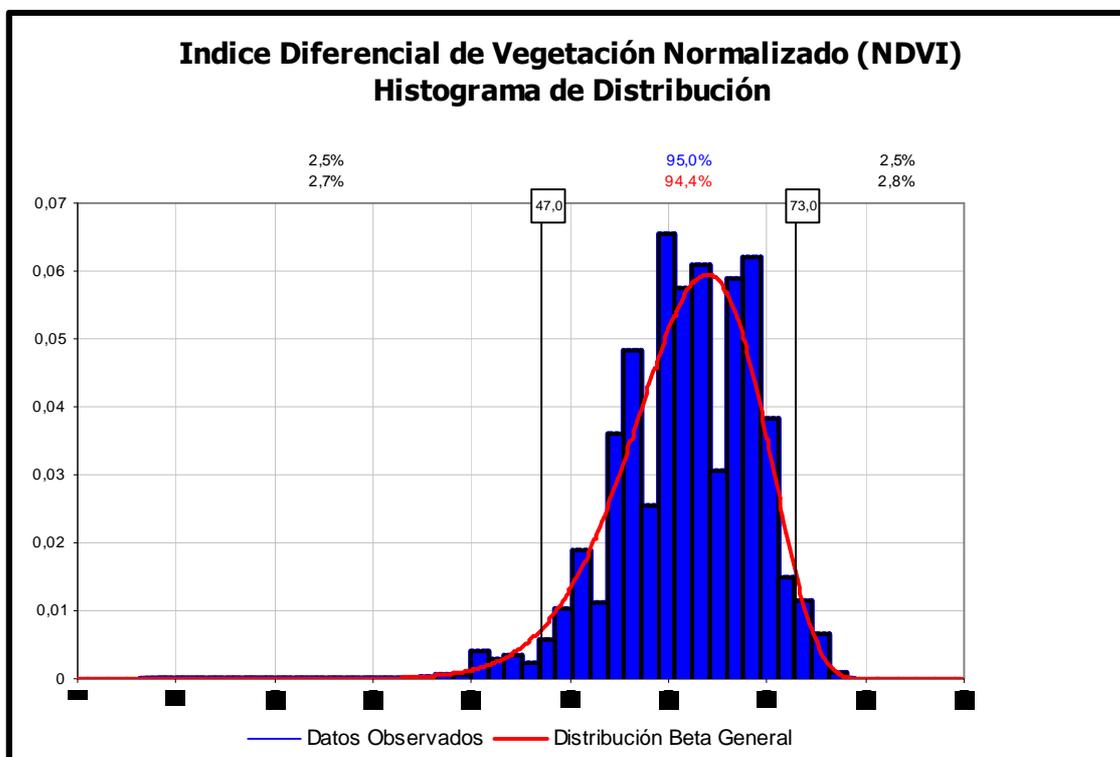


Fue

nte: Elaboración propia en base a la estimación

Como puede observarse en el **Gráfico 2**, en términos netos la relación entre el Índice Verde y el precio por kilo a lo largo de casi todo el espectro de valores observados del NDVI es directa, excepto para los menores a 47. Éstos muestran un comportamiento diferente y, por lo tanto, no son explicados adecuadamente por el modelo. Sin embargo, al graficar la distribución de la variable NDVI (**Gráfico 3**), pudo apreciarse que estos valores representaban tan sólo el 2.5% de la muestra y, en consecuencia, no afectaban significativamente las conclusiones anteriores.

Gráfico 3 – Distribución de los valores del NDVI (junio 2002-diciembre 2008)



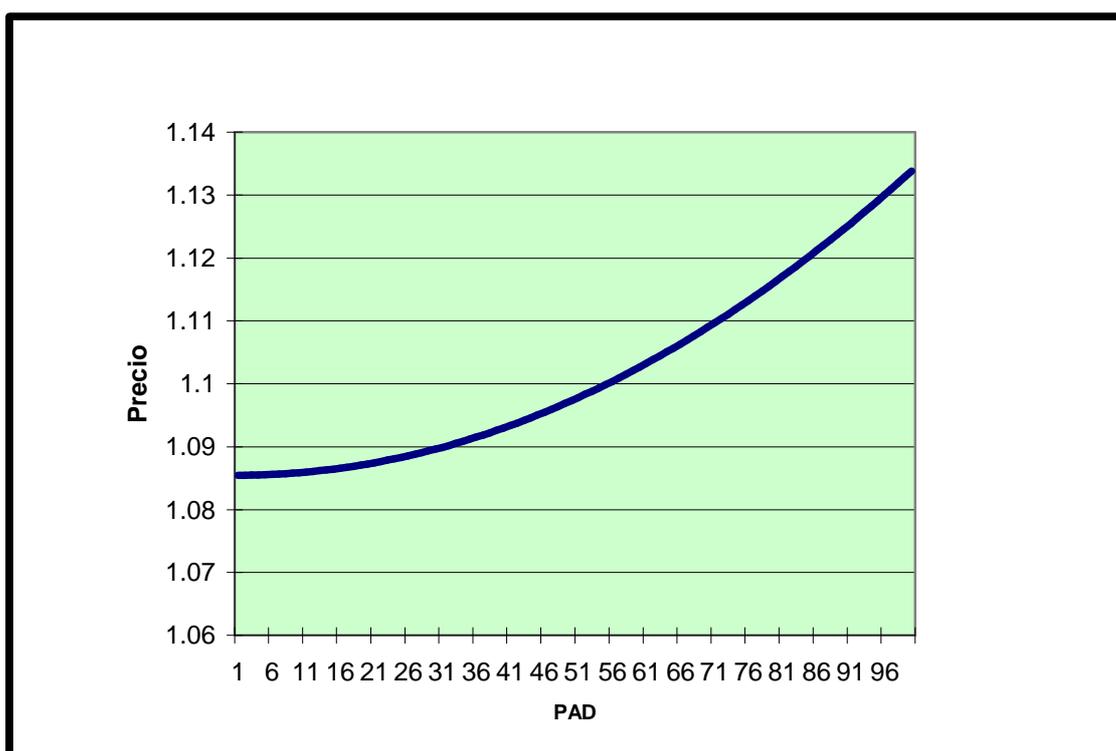
Fuente: Elaboración propia en base a la estimación

Las interacciones entre esta variable y las estaciones *Otoño* e *Invierno*, resultaron significativas al 1%, siendo los valores correspondientes (0,0019256) y (-0,0024608). Sin embargo, la interacción *NDVXT1* no resultó significativa.

Con respecto a la variable *PAD*, existe un comportamiento similar al *NDVI*, que puede explicarse por la fuerte relación existente entre la disponibilidad de agua en el suelo y el estado de la vegetación. Tanto *PAD* (-0,0006331) como *PAD2* (0,0000049) son significativas, la primera al 5% mientras la segunda lo es al 1%. Se observa que a medida que los valores del índice decrecen, representando escasez de agua en los suelos, el descuento en el precio es mayor.

En el **Gráfico 4** se puede observar claramente la forma de la relación entre el *PAD* y el precio:

Gráfico 4 – Relación entre el precio por kilo y el porcentaje de agua disponible



Fuente: Elaboración propia en base a la estimación

Por su parte, las variables *PADxT1*, *PADxT2* y *PADxT3* resultaron significativas al 1% y positivas. Los valores respectivos son (0,0004017), (0,0003274) y (0,0004248), lo cual implica que el efecto del PAD es más crítico en la primavera.

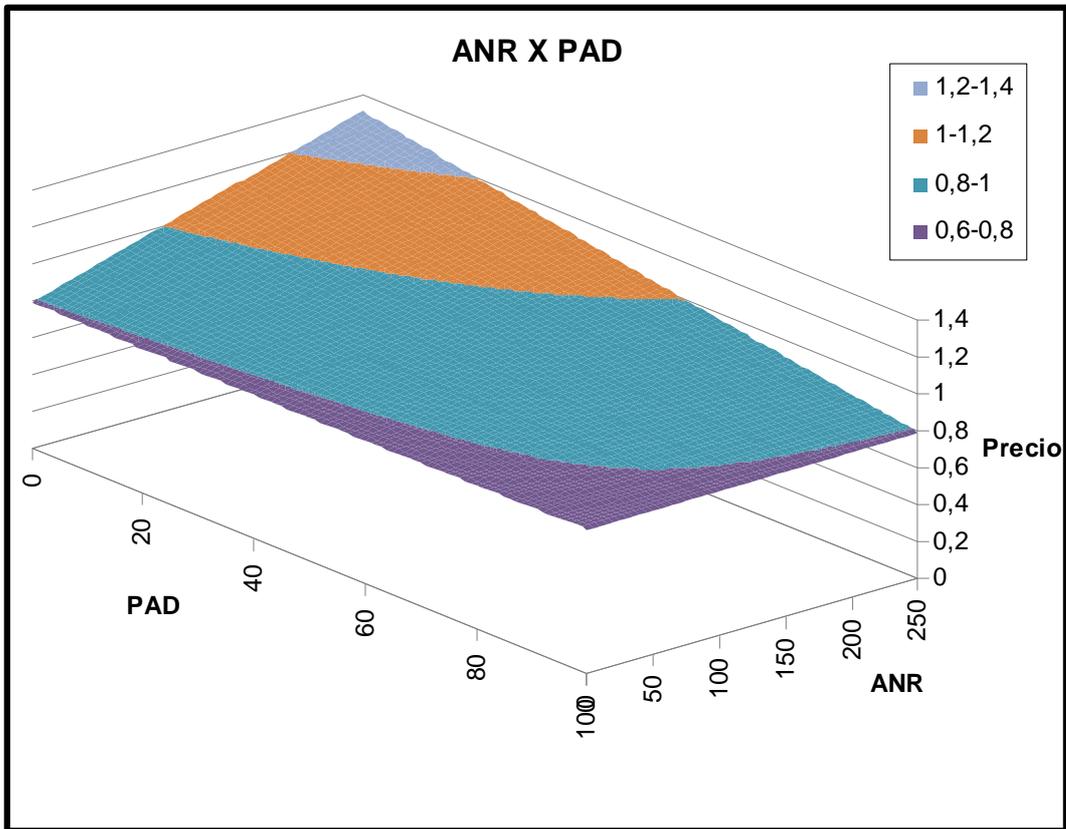
En cuanto al agua no retenida, las variables *ANR* (0,0020925) y *ANR2* (-0,0000000232043) resultaron significativas al 1%, indicando que el aporte marginal al

precio de esta característica es creciente a tasa decreciente. El ANR mide el agua que no penetra en el perfil del suelo y que por lo tanto escurre hacia los desagües naturales. En primer lugar, es un indicador de la ocurrencia de precipitaciones y puede estar asociada al llenado de las fuentes de agua para el ganado (tajamares, cañadas), siendo por tanto directa su relación con el precio. Sin embargo, valores muy altos de ANR implican una situación no deseada para el productor, ya que pueden indicar excesos hídricos en el campo.

La interacción entre esta variable y los trimestres 1 y 2 fue significativa al 1%, siendo la primera (-0,0009551) negativa y la segunda (0,0002285) positiva. Cabe destacar que en el caso del trimestre 3 el valor no fue significativo para ninguno de los niveles considerados.

La inclusión de la interacción entre ANR y PAD, representada en el modelo a través de la variable *ANRXPAD*, intenta captar mejor las situaciones de excesos hídricos en el campo. Su valor (-0,0000202) es negativo y significativo al 1%. Este resultado refleja el descuento que puede ser observado en el precio cuando existen excesos hídricos que pueden afectar la capacidad de carga (dotación). Es decir, a medida que aumentan los valores de PAD y ANR conjuntamente, el precio presenta un valor menor. En el **Gráfico 5** puede observarse esta relación:

Gráfico 5 – Efecto de la interacción entre el ANR y el PAD sobre el precio por kilo



Fuente: Elaboración propia en base a la estimación

CAPÍTULO 6 – RESUMEN Y CONCLUSIONES

6.1 – Resumen

El presente estudio se propone investigar la incidencia de las variables agroclimáticas sobre los precios de las haciendas en el Uruguay. En el caso de las categorías de reposición, se sugiere que esta incidencia se hace efectiva tanto a través de la oferta como de la demanda de ganado. Para estas categorías, la oferta y demanda tienen un claro componente geográfico y estacional, ligado a la disponibilidad de alimento para los animales. El efecto de las condiciones agroecológicas y climáticas en la formación de los precios de las haciendas no ha sido muy tratado en estudios previos por lo que constituyó el foco central de esta investigación

6.1.1 – Riesgo y vulnerabilidad climática en el Uruguay

Día a día, los productores agropecuarios deben enfrentarse a un entorno inestable en el que varían los precios, los rendimientos y otros resultados que pueden afectar considerablemente sus retornos económicos y financieros y su bienestar general, obligándoles a tomar decisiones en base a información imperfecta. Además de los riesgos inherentes a cualquier actividad o negocio (como el riesgo financiero, humano o de mercado), este sector debe enfrentar el riesgo de producción o rendimientos, basado en que no es posible predecir con certeza los resultados provenientes de la producción.

Como se explicó anteriormente, tanto el riesgo de producción como el de precios están dentro de los que más preocupan a los productores agropecuarios y están íntimamente ligados al clima y su variabilidad. Aún más, para el caso de las actividades ganaderas, realizadas a cielo abierto y con una fuerte ponderación de las pasturas naturales en la alimentación del ganado, esta preocupación es aún mayor. Adicionalmente, se han

evidenciado cambios en el clima a nivel mundial que se han reflejado en el Uruguay. Esto implica, esencialmente, un aumento en la variabilidad climática y en la frecuencia de eventos extremos (sequías, inundaciones), lo cual intensificaría aún más los riesgos y vulnerabilidades que afectan a los productores.

6.1.2 – Confección de la base de datos y método de estimación

La muestra definitiva quedó constituida por 12.286 observaciones provenientes de 91 remates llevados a cabo en el Uruguay por las empresas Plaza Rural, Pantalla Uruguay y Lote 21 desde junio de 2002 a diciembre de 2008. Los datos de las variables agroclimáticas, por su parte, fueron aportados por la Unidad Técnica GRAS del INIA.

La estimación del modelo se realizó mediante el método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y utilizando un estimador consistente de la matriz de varianzas-covarianzas para corregir los problemas de heteroscedasticidad de la muestra.

6.1.3 – Modelo teórico utilizado e inclusión de las variables agroclimáticas

El marco teórico se basó en el modelo de precios hedónicos desarrollado por Rosen (1974), el cual permite describir en forma completa un lote de ganado ofertado en el mercado a través del conjunto de características que lo componen. Así, el precio de cada lote es expresado como la suma de los valores monetarios de las contribuciones marginales de dichas características.

Como variable dependiente se definió el precio en dólares por kilogramo en pie (U\$S/Kg) registrado para cada lote de ganado vacuno comercializado. Por otra parte, como regresores o variables independientes, se incluyeron las características intrínsecas de

cada lote¹⁶, las condiciones de mercado y las estrategias de mercadeo llevadas a cabo por los distintos operadores del mercado.

Con el objetivo de evitar la presencia de colinealidad de la columna de la matriz de datos se tomó un lote base con las siguientes características: lote de hembras, proveniente de una zona sin garrapata de la zona Sur, de raza Hereford, sin cruza ni mezclas de otras razas, vendido en la primavera. A su vez, el peso del lote fue estimado por el inspector, no se destacó por su uniformidad ni en tamaño ni en edad, ni fue explícitamente recomendado. Su alimentación previa al remate fue sobre campo natural, siendo no conocedor de mío-mío.

6.2 – Conclusiones

En términos generales, es importante señalar que los resultados obtenidos en este estudio confirmaron los hallazgos de Lanfranco, Ois y Bedat (2006) y Bedat y Ois (2005), en cuanto a que el mercado de haciendas en el Uruguay es un mercado diferenciado. A su vez, esto se condice plenamente con la evidencia acumulada por la investigación a nivel internacional. Puede afirmarse, entonces, que existe un diferencial de precios, en términos de premios y descuentos, que depende de una serie de características o atributos exhibidos por los animales puestos a la venta. Asimismo, existen una serie de condiciones externas del mercado y estrategias de mercadeo, que, en el corto plazo, inciden en la formación de los precios del ganado, más allá de los atributos inherentes al lote.

A los efectos de incorporar las variables de interés en forma explícita, el modelo incluyó una serie de variables binarias para identificar la zona agroecológica de origen de los animales. A su vez, se incluyeron variables para medir el estado de la cobertura vegetal y

¹⁶ Incluye las condiciones agroclimáticas imperantes al momento de cada remate

la cantidad de agua disponible en el suelo en el momento previo a la venta, así como del agua no retenida en el suelo, la cual puede asociarse a la disponibilidad de agua para el ganado en cañadas, tajamares y otras fuentes. La inclusión de este tipo de variables en modelos empíricos constituye un aspecto original en estudios de esta naturaleza y no reconoce antecedentes similares en la literatura internacional.

La evidencia recogida sugiere que en sistemas de producción ganaderos basados en la producción de pasturas, las condiciones agroecológicas y climáticas afectan la oferta y la demanda de ganado en los distintos momentos del año, con importantes consecuencias en los precios de mercado.

En particular, a medida que disminuyeron los valores observados del NDVI, reflejándose situaciones de estrés por parte de la vegetación y el estado de las pasturas, el mercado tiende a castigar el precio de los lotes. Esto podría suceder porque al disminuir la cantidad y calidad de las pasturas, provocando una disminución de la disponibilidad de alimento para el ganado, los productores se ven obligados a reducir la carga animal en el campo. Existe, por lo tanto, una presión al alza por parte de la oferta de ganado de reposición que deriva en una caída en los precios. Análogamente, una disminución en los valores del PAD, indicando escasez de agua en los suelos, resultó en mayores descuentos sobre el precio. El comportamiento similar reflejado por ambas variables puede explicarse por la estrecha relación entre la disponibilidad de agua en el suelo y el estado de las pasturas.

El ANR, por su parte, presentó una relación directa con el precio. Es decir, aquellos productores que tengan agua disponible para su ganado estarán en mejores condiciones de retener las categorías de reposición, disminuyendo su oferta e incluso incrementando su demanda por un mayor número de animales. Sin embargo, esta relación positiva entre agua disponible y precio se hace decreciente a medida que aumentan los niveles de agua, pudiendo tornarse negativa luego de alcanzar un máximo, cuando este nivel resulta excesivo. Este punto varía en función del porcentaje de agua disponible en el suelo, es decir, una alta disponibilidad de agua en el suelo asociada a un alto volumen de agua no

retenida en el perfil tiene un efecto negativo, pudiendo resultar en excesos hídricos e incluso inundaciones. Este tipo de situación puede llevar a un aumento en la oferta de ganado proveniente de las zonas afectadas, así como a una disminución de la demanda.

Por otro lado, existen diferencias entre zonas agroecológicas, asociadas fundamentalmente al tipo de suelos predominante. Los precios pagados por el ganado se ven afectados por dichas variables a través de su incidencia en la producción y calidad de las pasturas, a igualdad de otras condiciones (*ceteris-paribus*). Asimismo, aún en los casos donde la producción se desarrolle en zonas agroecológicas similares y los eventos climáticos puedan afectar vastas zonas, se observan efectos localizados en áreas más pequeñas que pueden originar diferencias importantes en los precios. Las diferencias en profundidad, textura, fertilidad y drenaje de los distintos tipos de suelos, asociados a una capacidad diferencial de retención de agua, determina respuestas diferentes a los mismos eventos climáticos, pudiendo exacerbar la diferencia entre regiones.

Finalmente, pese a que la variable *Verano* no resultó significativa, pudo comprobarse un comportamiento estacional de los precios para las demás estaciones. En el caso particular del *Tri1*, este resultado puede deberse al menor número de remates ocurridos en el periodo, lo cual provoca una disminución importante en las observaciones asociadas al mismo. Aún más, este comportamiento se ve reflejado en los resultados obtenidos de las interacciones entre las variables climáticas y los diferentes trimestres del año. Al respecto pudo observarse que, dependiendo de la estación que se considerara, los efectos de las mismas sobre el precio de las haciendas podían tanto acentuarse como atenuarse.

En base a lo anterior, puede concluirse que el efecto de las condiciones climáticas sobre la oferta y la demanda de ganado y, como consecuencia sobre los precios de mercado, es relevante y significativo. Debe resaltarse, a su vez, que dicho efecto fue más intenso para las condiciones climáticas que para las zonas agroecológicas de procedencia de los lotes. Es decir, en el corto plazo el efecto de la variabilidad climática resultó más relevante que el de las condiciones agroecológicas más permanentes.

6.2.1 – Limitantes del estudio y posibles avances en la investigación

La información básica de los lotes fue tomada de los catálogos de tres de las más importantes empresas de remates ganaderos por pantalla que operan actualmente en el Uruguay. Puede objetarse, sin embargo, que el mercado de haciendas incluye otras modalidades de remate y que este estudio, por lo tanto, excluyó las observaciones que pudieran surgir de ellas. La justificación de la elección de los remates por pantalla se basa en que éstos ofrecen un sistema de información estandarizado que facilitó ampliamente la elaboración de la base de datos. De todas formas, la muestra obtenida para este estudio se considera representativa del mercado.

A su vez, en cuanto a las variables agroclimáticas, debe considerarse que pueden existir diferentes maneras de analizar las mismas. En este estudio, con el objetivo de lograr un *proxy* de las condiciones climáticas imperantes en cada remate, se optó por incluir los valores absolutos para cada indicador. Una alternativa es la de considerar en lugar de los valores absolutos, las variaciones de los indicadores cada diez días.

Finalmente, debe aclararse que la variabilidad de las condiciones climáticas no solamente afecta el mercado de haciendas al provocar cambios en la oferta y en la demanda de ganado sino también a través de su efecto sobre algunas características de importancia en la calidad del mismo (estado de los animales, condición sanitaria). Este tipo de relaciones no fueron analizadas en forma explícita y constituyen el foco de nuevos análisis.

CAPÍTULO 7 – BIBLIOGRAFÍA

7.1 – Textos y publicaciones

- Alfaro, D., Conti, C. y Troncoso, C. (2004) *Financiamiento del sector agropecuario: alternativas existentes vs. nuevas oportunidades*. Instituto de Economía (FCEA-UDELAR) e Instituto Plan Agropecuario. Montevideo, Uruguay: 122 pp.
- ARU (2009) *Cuantificación de Pérdidas Ocasionadas por la Sequía 2008/2009*, Asociación Rural del Uruguay. Montevideo, Uruguay: 9 pp.
- Baethgen, W. E. y Magrin G. (1995) “Assessing the impacts of climate change on winter crop production in Uruguay and Argentina using crop simulation models.” En C. Rosenzweig et al. (eds.): *Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts*. American Society of Agronomy Special Publication 59. Madison (WI): 207-228.
- Barrenechea, P. (2007): *Costo Económico de las Emergencias Ambientales de Origen Climático*. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA). Proyecto URU/98/011. Montevideo, Uruguay:
- Bedat, A. y Ois, C. (2005) *Funcionamiento y Mecanismos de Formación de Precios en los Remates Ganaderos por Pantalla en el Uruguay*. Universidad de la República, Facultad de Ciencias Económicas y de Administración. Trabajo de Investigación Monográfico. Montevideo, Uruguay: 122 pp.

- Berretta, E. J. (2003) *Perfiles por país del Recurso Pastura/Forraje (Uruguay)*, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). En: http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Counprof/spanishtrad/uruguay_sp/uruguay_sp.htm (revisado set 2009).
- Bodie, Z., y Merton, R. C. (1998) *Finance*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ: 479 pp.
- Buccola, S. T. (1982) "Price Trends and Livestock Auctions." *Amer. J. Agr. Econ.* 64 (1): 63-69
- Carriquiri, M., Lanfranco B., Lozanoff, J. (2007) *Efectos del Cambio Climático en la Agricultura Uruguaya, Implicancias para las políticas públicas*, PROCISUR. Montevideo, Uruguay: 7pp.
- Davidson, R. y MacKinnon, J. (1993) *Estimation and Inference in Econometrics*. Oxford University Press, New York.
- Faminow, M. D. y Gum, R. L. (1986) "Feeder Cattle Price Differentials in Arizona Auction Markets." *West. J. Agr. Econ.* 11 (2): 156-163
- Ferreira, G. 2001. Caracterización de los sistemas de producción ganadera de Basalto, Sierras del Este, Cristalino del Centro y Este, Areniscas y Brunosoles del Noreste. En: Risso, D.F.; Berretta, E.J., eds. *Tecnologías forrajeras para sistemas ganaderos de Uruguay*. INIA Tacuarembó, Uruguay. Montevideo: Hemisferio Sur p. 149-160. (INIA Boletín de Divulgación 76).

- Harwood, J., Heifner, R., Coble, K., Perry, J. y Somwaru, A. (1999) *Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis*, Market and Trade Economics Division and Resource Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture, Agricultural Economic Report No. 774. Washington, DC: pp. 125.
- Johnston, J. y DiNardo, J. (1997) *Econometric Methods*. 4th Edition. McGraw-Hill, New York.
- Ladd, G. W. y Martin, M.B. (1976) "Prices and Demands for Input Characteristics." *Amer. J. Agr. Econ.* 58 (1): 21-30.
- Lanfranco, B., Ois, C. y Bedat, A. (2006) *Variabilidad de Corto Plazo en la Formación de Precios en el Mercado Vacuno de Reposición*. INIA Serie Técnica 155: 58 pp.
- Oyhantçabal, W. (2007) "El cambio climático y los necesarios procesos de adaptación en el sector agropecuario uruguayo". En PNUD (2007), *Uruguay: El Cambio Climático Aquí y Ahora*. Material Complementario del Informe sobre Desarrollo Humano. Montevideo, Uruguay: pág. 49
- PNUD (2007) *Uruguay: El Cambio Climático aquí y ahora*, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Material Complementario del Informe sobre Desarrollo Humano. Montevideo, Uruguay: pp. 36.

- Rosen, S. (1974) "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition." *Journal of Political Economy*. 82 (1): 34-55.

7.2 – Páginas Web

- www.bcu.com.uy
- www.plazarural.com.uy
- www.lote21.com.uy
- <http://earthobservatory.nasa.gov>
- www.inia.org.uy/gras/sig/simerpa
- www.meteorologia.com.uy/caract_climat.htm

7.3 – Catálogos de venta de las empresas rematadoras

7.3.1 – Pantalla Uruguay

Pantalla Uruguay, Remate N° 6, junio 2002.

Pantalla Uruguay, Remate N° 7, agosto 2002.

Pantalla Uruguay, Remate N° 8, octubre 2002.

Pantalla Uruguay, Remate N° 9 (8ª Ganadera Hereford), noviembre 2002.

Pantalla Uruguay, Remate N° 10, diciembre 2002.

Pantalla Uruguay, Remate N° 11, febrero 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 12, marzo 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 14 (9ª Ganadera Hereford), mayo 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 15, mayo 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 16, junio 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 17, agosto 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 19, octubre 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 20 (10ª Ganadera Hereford), noviembre 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 21, diciembre 2003.

Pantalla Uruguay, Remate N° 22, febrero 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 23, marzo 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 24, abril 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 25 (11ª Ganadera Hereford), mayo 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 26, julio 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 27, agosto 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 28, setiembre - octubre 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 30 (12ª Ganadera Hereford), noviembre 2004.

Pantalla Uruguay, Remate N° 31, diciembre 2004.

7.3.2 – Plaza Rural

Plaza Rural, Remate N° 15, julio 2003.

Plaza Rural, Remate N° 16, agosto 2003.

Plaza Rural, Remate N° 17, setiembre 2003.

Plaza Rural, Remate N° 18, noviembre 2003.

Plaza Rural, Remate N° 19, diciembre 2003.

Plaza Rural, Remate N° 20, febrero 2004.

Plaza Rural, Remate N° 21, marzo 2004.

Plaza Rural, Remate N° 22, abril 2004.

Plaza Rural, Remate N° 23 I, mayo 2004.

Plaza Rural, Remate N° 23 II, mayo 2004.

Plaza Rural, Remate N° 24, junio 2004.

Plaza Rural, Remate N° 25, agosto 2004.

Plaza Rural, Remate N° 26, setiembre 2004.

Plaza Rural, Remate N° 27, noviembre 2004.

Plaza Rural, Remate N° 28, diciembre 2004.

Plaza Rural, Remate N° 29, febrero 2005.

Plaza Rural, Remate N° 30 I, abril 2005.

Plaza Rural, Remate N° 30 II, abril 2005.

Plaza Rural, Remate N° 31, mayo 2005.

Plaza Rural, Remate N° 32, junio 2005.

Plaza Rural, Remate N° 33, agosto 2005.

Plaza Rural, Remate N° 34, setiembre 2005.

Plaza Rural, Remate N° 36, diciembre 2005.

Plaza Rural, Remate N° 37, febrero 2006.

Plaza Rural, Remate N° 38, marzo 2006.

Plaza Rural, Remate N° 39, abril 2006.

Plaza Rural, Remate N° 40, mayo 2006.

Plaza Rural, Remate N° 41, mayo 2006.

Plaza Rural, Remate N° 42, junio 2006.

Plaza Rural, Remate N° 43, agosto 2006.

Plaza Rural, Remate N° 44, setiembre 2006.

Plaza Rural, Remate N° 45, octubre 2006.

Plaza Rural, Remate N° 47, diciembre 2006.

Plaza Rural, Remate N° 48, febrero 2007.

Plaza Rural, Remate N° 49, marzo 2007.

Plaza Rural, Remate N° 50, abril 2007.

Plaza Rural, Remate N° 51, mayo 2007.

Plaza Rural, Remate N° 52, junio 2007.

Plaza Rural, Remate N° 53, agosto 2007.

Plaza Rural, Remate N° 54, setiembre 2007.

Plaza Rural, Remate N° 55, octubre 2007.

Plaza Rural, Remate N° 56, octubre 2007.

Plaza Rural, Remate N° 57, diciembre 2007.

7.3.3 – Lote 21

Lote 21, Remate N° 6, octubre 2005.

Lote 21, Remate N° 7, diciembre 2005.

Lote 21, Remate N° 8, marzo 2006.

Lote 21, Remate N° 9, abril 2006.

Lote 21, Remate N° 10, mayo 2006.

Lote 21, Remate N° 11, julio 2006.

Lote 21, Remate N° 12, agosto 2006.

Lote 21, Remate N° 13, setiembre 2006.

Lote 21, Remate N° 14, noviembre 2006.

Lote 21, Remate N° 15, febrero 2007.

Lote 21, Remate N° 16, marzo 2007.

Lote 21, Remate N° 17, mayo 2007.

Lote 21, Remate N° 18, junio 2007.

Lote 21, Remate N° 19, julio 2007.

Lote 21, Remate N° 20, setiembre 2007.

Lote 21, Remate N° 21, octubre 2007.

Lote 21, Remate N° 22, diciembre 2007.

Lote 21, Remate N° 23, febrero 2008.

Lote 21, Remate N° 24, marzo 2008.

Lote 21, Remate N° 25, abril 2008.

Lote 21, Remate N° 26, junio 2008.

Lote 21, Remate N° 27, julio 2008.

Lote 21, Remate N° 28, agosto 2008.

Lote 21, Remate N° 29, octubre 2008.

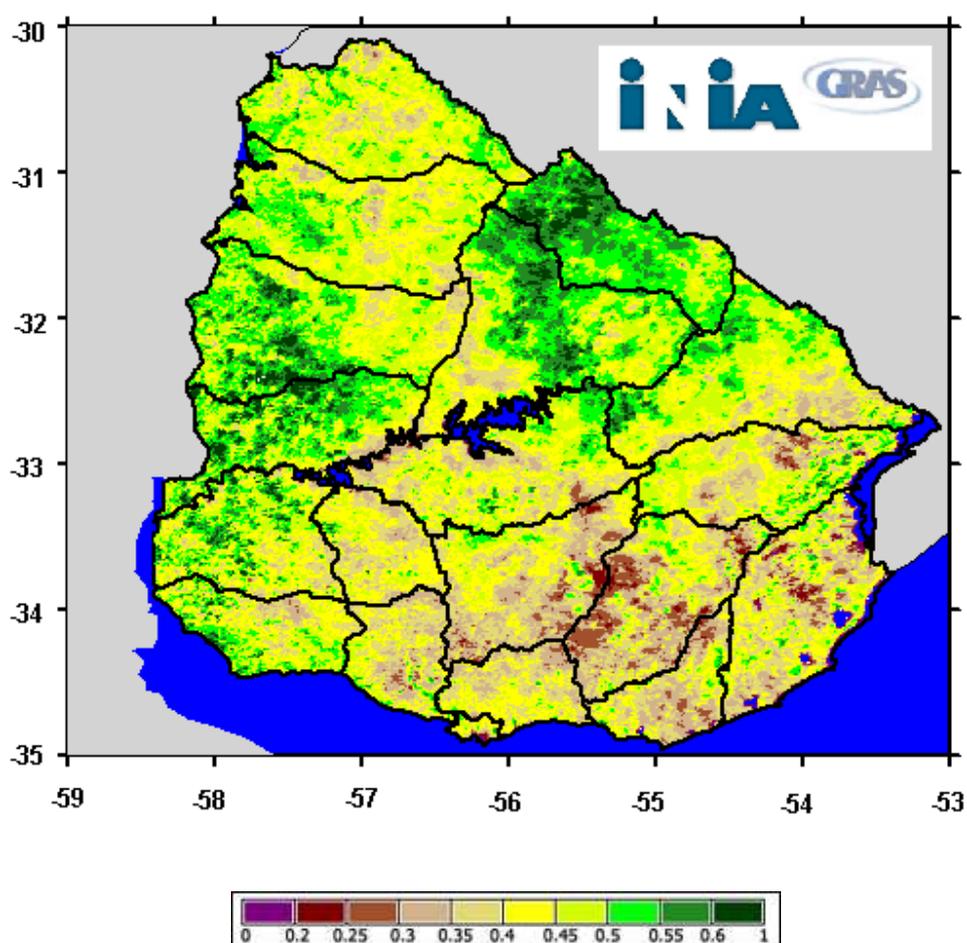
Lote 21, Remate N° 30, diciembre 2008.

CAPÍTULO 8 – ANEXOS

Anexo 1 – Ejemplos del uso de los indicadores agroclimáticos

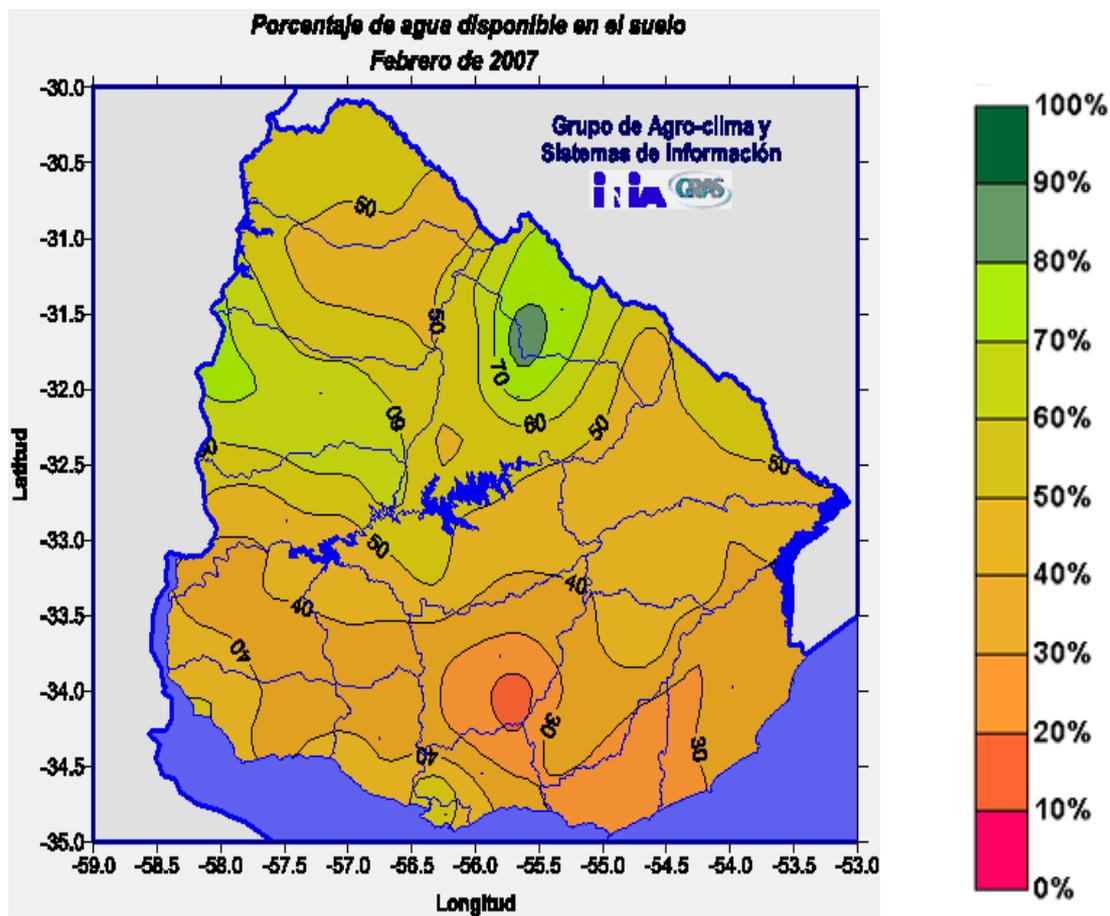
A continuación se presentan ejemplos de imágenes satelitales y valores de los indicadores utilizados en este estudio para Febrero 2007, publicados por la Unidad Técnica GRAS del INIA en su página Web.

NDVI – Febrero 2007



Como puede apreciarse en la figura (realizada en base a los valores del NDVI para Febrero del 2007), la zona comprendida por los departamentos de: Rocha, Lavalleja, Maldonado, Treinta y Tres, Florida y San José, registra valores bajos (menores a 0,45), mientras que para el resto del país los valores del índice son más altos, lo cual indica una mejor condición de la vegetación.

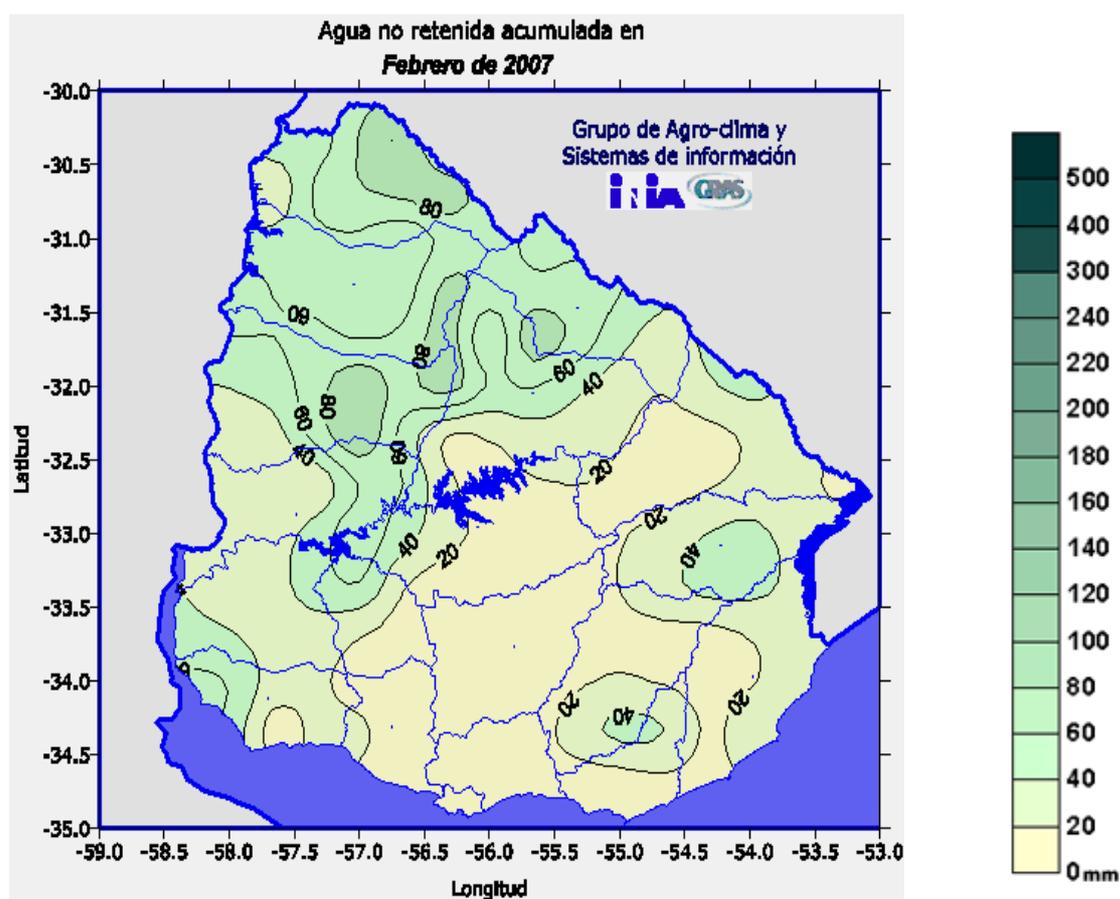
PAD – Febrero 2007



Para los niveles del PAD para Febrero 2007, puede observarse que la mayor parte del territorio nacional presenta valores superiores al 50%, mientras que en zonas mas

focalizadas de los departamentos de Rocha y Florida, se observan valores críticos (menores a 50%).

ANR – Febrero 2007



Finalmente, el ANR para el mismo período (Febrero 2007), muestra que se registraron volúmenes significativos de agua excedente en los departamentos de Artigas, Salto, Paysandú y Rivera.