

1. Introducción

La erosión es el desprendimiento y transporte de partículas del suelo, por acción de la lluvia y el viento (Durán y García Prechác, 2007). Si bien es un fenómeno natural, se ve acelerado por la acción del hombre a través de la deforestación, el laboreo del suelo para uso agrícola y el sobrepastoreo.

La erosión afecta directamente a la producción agropecuaria a través de la pérdida de productividad e indirectamente a través de la alteración de las funciones ambientales del suelo en cuanto a regulación del ciclo del agua, la regulación del ciclo aire y del ciclo los nutrientes. Por ejemplo, si se degradan las propiedades físicas del suelo, se reduce la infiltración y la capacidad de retener agua en suelo. A su vez, esto trae como consecuencia, que aumente el escurrimiento, lo que retroalimenta la erosión. En cuanto al impacto de la erosión en la calidad del aire, el proceso erosivo aumenta las emisiones de dióxido de carbono (principal gas con efecto invernadero) que provienen de la oxidación de la materia orgánica del suelo. Por último, la pérdida de nitrógeno y fósforo por erosión y su deposición en zonas bajas y en los cuerpos de agua causa eutrofización (Durán, García Prechác, 2007).

Pero el impacto de la erosión sobre la actividad agropecuaria no es el único impacto económico de la erosión. La erosión puede ser también

causa de externalidades negativas en las zonas donde se deposita el suelo transportado. En particular, puede afectar a los ecosistemas acuáticos, donde los sedimentos depositados alteran las funciones de fotosíntesis. Pero el depósito de sedimentos también puede elevar el lecho de los cursos de agua, lo que favorece inundaciones y dificulta navegabilidad.

De acuerdo a la “Carta Nacional de Erosión Antrópica” (RENARE, 2000), el 31 % del territorio de Uruguay presenta algún grado de erosión. La primera causa de erosión son los cultivos agrícolas (87% de la superficie erosionada). La segunda es el sobrepastoreo del ganado (12%). Del área afectada (52.362 Km²), el 18% presenta grado de erosión ligera, el 10% leve, y el 3% va de erosión moderada a erosión severa (Sganga et al, 2005).

Actualmente el Estado, en particular la Dirección de Recursos Naturales Renovables (RENARE) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), ha propuesto implementar medidas de conservación y recuperación de zonas gravemente afectadas por la erosión mediante políticas de uso y manejo del suelo. En particular, de acuerdo a la normativa propuesta, las empresas agro explotadoras deberán presentar planes de uso y manejo del suelo para la conservación y recuperación del mismo. Estos planes deben basarse, básicamente, en programas de rotación. Esto implica un esfuerzo económico importante por parte del Estado y los agentes privados dedicados a las actividades agropecuarias.

Sin embargo, pese a la importancia del problema, y a la decisión ya tomada por parte del gobierno de la necesidad de regular el uso del suelo, el país no cuenta con una estimación del costo económico de la pérdida de suelo por erosión. Este trabajo intenta contribuir a empezar a llenar esta brecha, estimando el precio implícito de la erosión, basándose en la aplicación de la metodología de precios hedónicos, al mercado nacional de tierras en los años 2007 y 2008. De esta manera, el trabajo pretende contribuir al mejor diseño de políticas públicas, generando información que pueda servir de insumo para comparar el costo económico total de la erosión (el beneficio de la política de control de uso del suelo) con el costo para el Estado y para los privados de la política en cuestión. Por último, este trabajo hace una contribución a la literatura internacional, ya que, quizás sorpresivamente, no son muchos los antecedentes de estimación del valor económico de la erosión en la literatura. Dichos trabajos se muestran en la tabla 1.

Miranowski y Hammes (1984) estiman los precios implícitos de varios atributos edafológicos de la tierra en Iowa, Estados Unidos, como el espesor del horizonte del suelo, la erosividad potencial y la acidez.² De acuerdo a estos autores, el espesor del suelo está directamente relacionado con el contenido de materia orgánica y una combinación de otros factores que hacen a la productividad del suelo y que son directamente observables por el comprador y el vendedor. La erosividad

² Horizonte es una capa de suelo más o menos paralela a la superficie del mismo, con propiedades especiales que lo distinguen de otras capas (Hodgson, 1987).

potencial refleja los efectos del impacto de la intensidad de la lluvia y la cantidad de tierra perdida en las propiedades del suelo. Para medirla, los autores tienen en cuenta la longitud e inclinación de la pendiente. Por último, la acidez del suelo se mide a través del PH.

Los autores concluyen que estos atributos influyen en el precio de la tierra y lo hacen en forma significativa. En particular ellos estiman el valor marginal de la erosividad potencial, o sea de evitar la pérdida en una tonelada de suelo por hectárea, incrementa el valor del establecimiento aproximadamente en \$ 5.70 en dólares de 1978.

King y Sinden (1988) estudian la relación entre la conservación de suelos/erosión en el valor la tierra para uso agropecuario en Nueva Gales del Sur, Australia. Según los autores, los posibles daños de la tierra por erosión futura, pueden ser pensados como la condición presente de la tierra. La condición presente de la tierra fue definida por estos autores como un conjunto de atributos de la tierra que tienen influencia en la tasa de pérdida de suelo. Entre los atributos usados para reflejar la condición de la tierra están:

- El gasto por hectárea en establecimientos por diversos trabajos para controlar la erosión, estos trabajos son recomendado por el Servicio de Conservación de Suelos de Australia.³
- La pendiente medida en grados.
- La erosión potencial, (medida en toneladas por hectárea y por

³ Los profesionales de este organismo recomiendan el trabajo "mínimo" requerido para conservar el suelo y mitigar la erosión. Los trabajos eran básicamente construir terrazas de desviación, hacer rebajes de bordes, etc.

año).

- Por último, la aproximan con un ranking basado en el juicio de profesionales del Servicio de Conservación de Suelos, que refleja la prioridad de recibir un préstamo de este organismo para trabajos de conservación y una variable dummy para indicar si el establecimiento se encontraba en el área comprendida por tierras severamente erosionadas o no.

No obstante, los autores en su trabajo no estaban interesados en estimar el precio implícito de la erosión en particular, la razón era que el Servicio de Conservación del Suelo de Nueva Gales del Sur, fomentó y asistió en la década del 70 un plan para la conservación de los suelos. Este organismo le recomendaba a los propietarios de los establecimientos diversos trabajos para controlar la erosión, que se había generado como resultado de la construcción de un dique o represa para proveer riego a los establecimientos del departamento de Manilla.

Los trabajos eran básicamente construir terrazas de desviación, hacer rebajes de bordes, etc. para controlar la erosión de cárcavas. Estos trabajos eran financiados por el Servicio de Conservación de Suelos. Los costos de conservar el suelo están relacionados con estos trabajos. Por tanto, básicamente estimaron el precio implícito del costo de conservar el suelo.

El lector puede observar la tabla 1 para tener una idea general del modelo planteado y las variables utilizadas.

Estos autores encontraron que el mercado es capaz de reconocer la influencia de la condición del suelo, en el valor de mercado de los establecimientos rurales. De modo que las mejores tierras, se pagan más que otras en peores condiciones, debido a las expectativas de obtener mayor rendimiento en la producción de trigo a corto plazo. Estas expectativas de corto plazo, pueden influenciar las expectativas de largo plazo, esto se refleja en mantener y obtener el recurso suelo completamente productivo comprando tierras menos erosionadas, y el deseo de no comprar tierras gravemente erosionadas para eludir los costos de conservarlas. Sin embargo, estos autores no concluyen sobre los precios implícitos de la variable erosión potencial, esta es una limitación importante de este trabajo.

Palmquist y Danielson (1989), por su parte, estudian el efecto de los programas de control de la erosión y el drenaje en el precio de la tierra en Carolina del Norte, Estados Unidos. Para medir la erosión actual y el drenaje en el suelo, establecimiento por establecimiento, los autores ubican los terrenos en un mapa de suelos con noventa y ocho clases de suelos diferentes presentes en Carolina del Norte. Cada clase consiste en un agregado de dos o tres tipos de suelos distintos. Una vez hecho esto, las 98 clases de suelos se clasificaron en treinta y dos grupos de suelos en función del nivel de erosión y el drenaje. Para asignar un nivel de erosión y drenaje de cada clase de suelo los autores se basan en un estudio realizado por la Universidad de Carolina del Norte.

La erosión potencial se mide en toneladas por acre por año. Para el caso del drenaje, por su parte, se construye un índice de drenaje de seis categorías, las que incorporan mediante variables dummy. En cuanto a las variables de control que utilizan, están las de tipo socioeconómico, como crecimiento de la población por condado y densidad de población por condado; infraestructura y equipamiento, distancias a los centros poblados, tipo de suelo, tamaño de la parcela, porcentaje de tierra agrícola y producción de tabaco, medido en libras por acre.

Los autores encuentran que la erosión y el drenaje tienen un impacto estadísticamente significativo en el precio de la tierra. En particular interesa destacar que la erosión del suelo provoca una reducción en el precio de la tierra igual a \$ 6.19 (dólares de 1980) por cada tonelada de suelo perdido en términos de valor de la tierra, en una zona media de Carolina del Norte. Por otra parte la calidad del suelo también tuvo un efecto importante sobre los precios de la tierra, haciendo que los valores de la tierra difieran hasta un 60% según el tipo de suelo.

Más recientemente, Maddison (2000) hace un análisis hedónico de los precios de las tierras agrícolas en Inglaterra y Gales. Los autores utilizan el sistema de clasificación de tierras propuesto por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de Gran Bretaña y Gales. Dicho sistema clasifica el suelo en función de un conjunto de atributos físicos que reflejan la calidad del mismo. Los principales atributos son: 1) La erosión por micro-relieve, la pendiente y riesgo de inundación, y 2) Textura,

estructura, profundidad y rocosidad del suelo. Ver la tabla1 para tener una idea más completa sobre el modelo. Pero los autores construyen una sola variable llamada calidad del suelo que toma valores enteros de 1-7 que contiene todos los atributos mencionados. Los resultados en cuanto a esta variable no son claros (son inciertos) puesto que por estar incluidos muchos atributos en esta variable, no es posible estimar el precio implícito de la erosión por micro-relieve en particular.

Con respecto a nuestro país, no encontramos ningún trabajo previo que intente estimar el precio implícito de la erosión. El trabajo más cercano es el de Durán y García Préchac (1998). Estos autores utilizan el índice de productividad de suelos CONEAT para estimar el impacto de la erosión en la pérdida de productividad. Los autores codifican los diferentes estados de erosión en una escala de 0-4 y calculan la correlación estadística entre ambas variables. Los autores hacen este ejercicio solamente para los once (11) grupos de suelos, para los cuales se incluyó el estado de erosión de los mismos, en la construcción del índice de productividad CONEAT. Los autores encuentran una correlación estadística entre el cambio porcentual en el índice CONEAT y el cambio en el estado de la fase de erosión. Más específicamente, los autores encuentran que un cambio del 21% del índice de productividad CONEAT, significa cambio de 25% del espesor del suelo.

Más recientemente (Lanfraco y Sapriza, 2010) presentan un análisis hedónico para estimar el impacto del índice CONEAT en el precio de la

tierra en Uruguay. Los autores controlan por aptitud del suelo (agrícola, arrocero, etc.), localización (departamento), tipo de cambio, precio del gas oil, precio de la vaca gorda y año de la transacción. Pero no incluyen el grado de erosión dentro de los controles. Los autores encuentran una relación estadísticamente significativa, no lineal, entre el precio de la tierra y el índice CONEAT.

Por nuestra parte solo buscamos continuar los trabajos internacionales ya citados, puesto vamos a estimar el precio implícito de la erosión para un país en desarrollo, como en el caso del Uruguay. La hipótesis que vamos a demostrar es que a medida que aumenta la intensidad del proceso erosivo, disminuye el valor de la tierra. Para demostrar nuestra hipótesis usamos el método de precios hedónicos. Nuestro objetivo es construir un modelo econométrico que correlacione los precios de las compraventas de tierra para uso agrícola, en función de los atributos que contiene. Para cumplir con nuestro objetivo, primero se obtuvo la información sobre el catastro rural y los índices de productividad CONEAT para cada padrón individual, a esta información, luego se le agregó la fase de erosión correspondiente a dicho padrón (entre otras variables) para ello usamos el Software ArcExplorer que sirvió para implementar un sistema de información geográfico. Las observaciones fueron 4718 para datos de corte transversal que comprenden todas las compraventas de inmuebles rurales realizadas en los años 2007 y 2008 en todo el país.

El presente trabajo se organiza de la siguiente manera. En la siguiente sección, se presenta un resumen de la teoría detrás del método de precios hedónicos. La Sección 3 describe la base de datos. La Sección 4 discute la econometría. La Sección 5 muestra los resultados obtenidos. Finalmente, la Sección 6 concluye.

Tabla 1: Principales Antecedentes de Modelos Hedónicos para el caso del Erosión.					
VARIABLES	Miranowski y Hammes (1985)	King y Sinden (1988)	Palmquist y Danielson (1989)	Maddison (2000)	Lanfraco y Saprizza (2010)
DEPENDIENTES	1-Precio por hectárea promedio por condado. 2-Precio por hectárea de compraventas individuales a dólares de 1978.	Precio por hectárea, en dólares de 1984, Predios de más de 40 hectáreas.	Precio por hectárea, en dólares corrientes,	Precio Por hectáreas en Libras.	Precio por hectárea, en dólares.
DEPENDIENTES					
Atributos Edafológicos.	1-Espesor del suelo (Pulgadas). 2-Erosividad (RKLS, ton/ha año). 3- Acidez de suelo (PH).	1- Superficie. 2-Producción de trigo, esperado al año siguiente. 3- Porcentaje de tierra arable de la propiedad. 4-Condicón de la Tierra (Erosión): a-Costo por hectárea de trabajos en conservación del suelo. b-Pendiente. c- Total de tierra perdida (ton/ha año a 100 metros, con pendiente promedio). d- Ranking en recibir fondos para trabajos de conservación.	1-Erosividad, total de pérdida de suelo (USLE, ton/ha año). 2- Fase de erosión. 3-Si el suelo requiere drenaje. 4- Superficie. 5- Porcentaje de tierra en cultivo. 6 Cuota de tabaco (lbs/ha). 7- Calidad del tipo de suelo. 8- Drenaje	1-Número de hectáreas. 2- Ranking de Suelos, contiene : (Microrelieve, Prendiente, Riesgo de inundación) y (Textura, estructura, espesor, pedregosidad). Toma valores de 1-7. 3- Precipitaciones, sol, velocidad del viento, temperatura, humedad. 4- Cuota de leche.	1-Índice de productividad CONEAT. 2- Aptitud del suelo (agrícola, arrocero, etc.)
Otros atributos	Edificios (tasados, en valor)	1- Presencia frente a un río. 2- Si o no la propiedad, pertenece al área del proyecto. 3. Edificios (presencia, calidad, antigüedad) 4 Distancias a centros poblados. Características del vendedor. a-Edad. b-Destrezas, de inversión. c-Si el vendedor se mantiene en la actividad agrícola. d- Si vende toda o parte de la propiedad. e- Si tiene hijos. f- Si o no el vendedor estaba bajo presión de vender.	1-Densidad de población por condado. 2- Incremento de población por condado. 3- Si se localiza cerca del agua de la comunidad. 4- Si se localiza cerca de un complejo de viviendas. 5 Distancia a la comunidad cercana. 6-Calidad de los edificios.	1-Número de dormitorios. 2- Si o no la transacción se hace por contratación directa. 3- Viviendas sin número de dormitorios especificados. 4- Si o no la propiedad está vacía. 5- Densidad de población. 6- Elevación sobre el nivel del mar. 7-Si o no la propiedad se localiza en Gales.	1-Localización (departamento) 2- Tipo de cambio. 3-Precio de la vaca gorda. 4- Precio del gas oil. 5. Año de la transacción.
REGISTROS	1-99 para los precios promedios. 2- 94 transacciones individuales.	50	252	400	1407
REGIÓN	Iowa (EE.UU)	Nueva Gales del Sur (Condado de Manilla) Australia.	Carolina del Norte (EE.UU)	Inglaterra y Gales	Uruguay
PERIODO	1-1978 2- 1974-79	1979-10/1985.	del 1 de Octubre de 1979 al 31/03/1980.	1º semestre 1994.	(1993-2005)
FUENTE: Precios de compraventas.	Encuestas	(Reporte Oficial, del Estado).	(Encuesta de inmuebles rurales)	(Registros de transacciones de una revista, sobre el mercado de inmuebles rurales)	(SERAGRO) y otras operaciones que no menciona el origen.
FUENTE: Atributos edafológicos.	1-Mapas, ponderando por el tipo de suelo de mayor proporción en el condado. 2- Mapas ponderando por el tipo de suelo de mayor proporción en el establecimiento.	Servicio Nacional de Conservación de Suelos (SCS).	Superposición de Mapas, de la Universidad de Carolina del Norte.	Fueron asignados en forma indirecta en un radio de 5km donde se localiza el establecimiento, según una clasificación de tierras del Ministerio de agricultura, pesca y alimentación de Gran Bretaña y Gales.	—

Fuente: Leer el texto.

2.- Marco Teórico: El Método de los Precios Hedónicos.

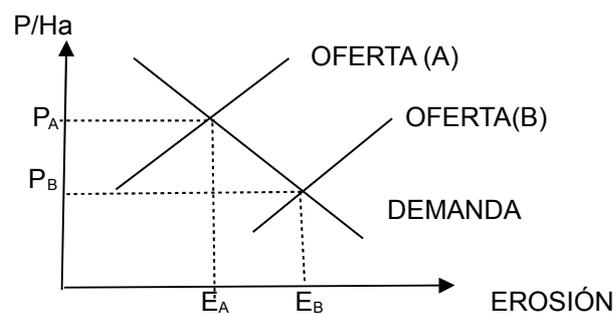
El objetivo de esta sección es comentar brevemente el método de los precios hedónicos. El lector interesado en un desarrollo detallado del mismo puede consultar un libro de texto sobre métodos de valoración de la calidad ambiental o de los recursos naturales. El siguiente resumen se basa particularmente en Palmquist (1989).

La demanda en el mercado de la tierra para uso agrícola, se comporta como la demanda por un factor de producción heterogéneo. Esto es, cada establecimiento rural tiene un conjunto de atributos que varían o se diferencian entre establecimientos distintos. Hay atributos de la tierra que el dueño del establecimiento puede modificar, y otros atributos que no pueden ser modificados por el propietario, en respuesta a señales de mercado. Por ejemplo, el autor en su artículo dice que el tipo de suelo o su estructura no se pueden modificar. A su vez, el espesor del suelo no se puede cambiar, pero sí se puede modificar la tasa de cambio en que varía el mismo. La erosividad del suelo no se puede modificar, no obstante lo cual sí se puede modificar la erosión a través del laboreo y la rotación de cultivos en el mismo. Tampoco se pueden modificar las principales características topográficas del terreno, o el clima donde está situado (Palmquist, 1989). Otros atributos sí se pueden manipular, dice Palmquist, atributos tales como: el drenaje, la construcción en terrazas, el pH o la fertilidad, el riego, el control de la erosión, la rotación de cultivos y el

laboreo de la tierra y la construcción de la infraestructura en el terreno (Palmquist, 1989).

Antes de comenzar a explicar como funciona el modelo de precios hedónicos y en particular el mercado de tierras agrícolas, ilustramos el método de precios hedónicos con una sencilla idea. Considere dos terrenos idénticos, excepto que el terreno A no presenta erosión alguna mientras que el terreno B presenta algún grado de erosión. Si los agentes que demandan este terreno para uso agrícola puede observar estas diferencias, preferirán el terreno A al terreno B; estarán dispuestos a pagar más por el terreno A que por el terreno B. Esto implica una diferencia de precios $P_A > P_B$.

Figura 1. Mercado de Tierras Agrícolas



La diferencia de precios se puede tomar como una estimación del valor económico (negativo) de la erosión. Ello requiere, por supuesto, el cumplimiento de algunos supuestos como que ambos terrenos forman

parte del mismo mercado (el área de estudio debe ser un solo mercado), que todos los agentes individuales tengan información de todas las opciones disponibles en el mercado, que el que compra el terreno tiene perfecta información de varios conjuntos de atributos, etc.

Entonces el precio de las compra-ventas de una hectárea de tierra para uso agrícola, depende de la demanda de los distintos atributos de la tierra, y esta relación es representada en la siguiente ecuación:

$$(1) \quad R = R(E_i, L_i, M_i, C_i)$$

Donde R es el precio de mercado de la tierra (compra-ventas) y depende de atributos que se pueden agrupar en distintos grupos:

1. E_i : Representa el conjunto de atributos edafológicos (productividad, erosión, disponibilidad de agua).
2. L_i : Representa el conjunto de atributos de localización (distancia al centro poblado, ruta, costa, forestal, etc.).
3. M_i : Representa el conjunto de atributos de mercado (precio de la celulosa, precio de la soja, precio de la carne, etc.).
4. C_i : Representa un conjunto de atributos del clima (precipitaciones, temperatura, humedad).

Un potencial comprador individual que demanda servicios de la tierra (una firma agroexplotadora) no puede influenciar los precios que equilibran el mercado, aunque los precios que paga dependen de los atributos de la tierra que la firma elige teniendo presente sus beneficios deseados. De

igual forma, el que oferta un establecimiento o los servicios de la tierra, no puede influenciar los precios de equilibrio, aunque sí puede cambiar o aumentar los precios que acepta por aquellos atributos de la tierra que pueden ser modificados para obtener su nivel de beneficios deseado (puede controlar la erosión para vender a mayor precio el establecimiento).

La ecuación (1) es la función de precios hedónicos, esta función describe un lugar geométrico de precios de equilibrio y surge como la intersección de la función de demanda de los compradores y la función de oferta de tierra agrícola de los vendedores, tomando el recurso tierra como un factor de producción heterogéneo.

A través de la derivada parcial de la ecuación hedónica se puede estimar el precio marginal implícito de cada atributo. Éste mide el impacto marginal (positivo o negativo) de cada uno de los atributos (manteniendo los otros atributos constantes) en el precio de la tierra. En particular, nos

interesa identificar el precio implícito de la erosión, $\frac{\partial R}{\partial \text{erosión}}$.

Si la ecuación hedónica (1) es lineal en sus atributos, entonces los precios implícitos son constantes. Por el contrario, si la ecuación hedónica no es lineal, el precio implícito de una unidad adicional del atributo puede depender de las cantidades presentes de ese y otros atributos. La literatura plantea que las formas funcionales más frecuentes son la semi-

logarítmica o la doble logarítmica (Palmquist, 1989). En la semi-logarítmica la variable dependiente es el logaritmo natural del precio y todas las variables independientes del miembro derecho se mantienen en sus unidades normales. La doble-logarítmica, por su parte, usaría a su vez logaritmos naturales en ambos miembros de la ecuación. Sin embargo, en nuestro caso, como usamos muchas variables dummies (0/1) optamos por no aplicar la forma funcional doble-logarítmica porque no existe logaritmo de cero. La solución a este problema fue usar los precios de la tierra en logaritmos naturales y para el lado derecho de la ecuación se tomaron las variables continuas en logaritmos naturales y las variables dummies (0/1) en sus niveles originales. Los coeficientes se interpretan como elasticidades para el caso de las variables logarítmicas y semi-elasticidades o porcentajes para las variables dummies (Woolgridge, 2002).

La forma lineal no fue considerada, por creer que no se ajusta a este trabajo.

La ecuación a estimar es en definitiva la siguiente:

$$(2) \quad P = X B + \varepsilon$$

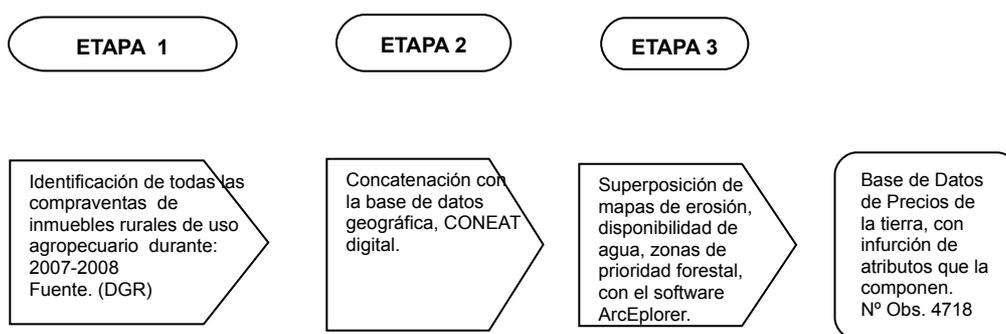
Donde P (la variable dependiente) es el precio unitario del lote de tierra (precio de la Hectárea), y X es una matriz $(n \times k)$ conformada por las n observaciones de cada una de las k variables explicativas del precio de la tierra. Se incluye en el vector k-dimensional de variables a (i) los atributos

de la unidad de tierra en cuestión, como ser los atributos edafológicos (el estado de la erosión del terreno, el tipo de suelo, la disponibilidad de agua, la infraestructura disponible en el terreno (acceso a ruta nacional, si esta frente a un río, arroyo o laguna, etc.); (ii) un vector de precios, y (iii) un vector de variables que describen las condiciones climáticas (iv) otras variables como la densidad de población. El vector B ($K \times 1$) representa los parámetros/coeficientes de cada variable del modelo y mide el impacto de un cambio marginal de los atributos en el valor de la tierra (el precio implícito). Por último, asumimos que el error del modelo ε se distribuye normal con media $\mu = 0$ y varianza σ^2 . En el término de error se incluye todo aquello por lo cual no pudimos controlar en nuestro modelo por falta de información disponible. En particular, por ejemplo, no se tuvo información sobre la presencia o la calidad de viviendas o galpones en el terreno, el riego, la maquinaria agrícola, etc., ya que el precio que proporciona como información la DGR no discrimina por mejoras en los establecimientos.

3.- Descripción de la Base de Datos

La figura 2 muestra el diagrama de actividades realizadas para la construcción de la base de geográfica utilizada en este trabajo, a continuación se describe los procedimientos en forma más detallada.

Figura 2. Actividades realizadas para construir la base de datos geográfica



Fuente elaboración propia 2011.

3.1.- Identificación de todas Compraventas de Tierras de Uso Agrícola en Uruguay.

La fuente principal de información para este trabajo fue la Dirección General de Registros (D.G.R.) del Ministerio de Educación y Cultura (M.E.C.), de la que se obtuvieron los datos registrados de todas las compra-ventas de tierras en todo el territorio nacional (excepto Montevideo) entre los años 1998 y 2008. De los mencionados datos de

compraventas fue seleccionada la siguiente información para cada registro de transacción de tierra:

- El Año
- La fecha
- El departamento
- El Número de Padrón
- La Sección Judicial
- La superficie
- El monto de la operación
- La moneda.
- Acto (tipo de transacción).

La base de datos final utilizada para este trabajo comprende el periodo 2007-2008 con un total de 13459 observaciones.

3.2.- Concatenación de Base de Datos Geográfica

Atención, los mapas y el Software que fueron utilizados para este trabajo, se resumen en la tabla 2, al final de esta sección.

3.2.1.- CONEAT Digital.

Un SIG se define como un Sistema de Información implementado para trabajar con datos georeferenciados mediante coordenadas geográficas.

Se trata de una base de datos con información espacial, e información alfanumérica que contiene datos sobre los atributos o características de cada elemento geográfico (en nuestro caso un establecimiento rural).

La ventaja de un SIG es que permite gestionar información que muchas veces se genera con otras técnicas y fuentes muy variadas, en nuestro caso cartas de suelos, cartas de erosión, cartas de disponibilidad de agua etc. Por tanto el aporte específico de un SIG es que permite gestionar e integrar información de múltiples orígenes, en nuestro caso particular permite análisis que en la práctica sería casi imposible de realizar por métodos convencionales, como es el caso de asignar el grado de erosión o el tipo de suelo y la disponibilidad de agua para cada establecimiento en particular.

El Sistema de Información Geográfico de la dirección de Recursos Naturales Renovables, cuenta con cantidad y calidad de información sobre suelos e infraestructura relacionada a escala nacional y de padrones individuales, un ejemplo, de este último es la aplicación CONEAT , que a continuación presentamos.

Ingresando el número de padrón transado y el departamento donde se localiza en la Cartografía Digital CONEAT (disponible en Internet, en <http://www.prenader.gub.uy/coneat>, accedido en 2011), se obtuvo en forma visual la siguiente información para cada padrón transado:

- Mapa de Grupos CONEAT de un determinado padrón transado.
- Un croquis digital con la localización del padrón.

- Descripción de los diferentes grupos de suelos CONEAT presentes en el padrón (erosión, unidad cartográfica, etc.).
- El Índice CONEAT (promedio) de cada padrón.
- La superficie catastral del padrón descrito en la consulta (información de mensura suministrada por catastro).
- Información sobre la caminería rural adyacente al lote, así como información sobre los cursos de agua (ríos, lagos, arroyos).

Esta aplicación utiliza solamente dos capas de información geográfica: El mapa de grupo de suelos CONEAT y el catastro rural en cada consulta.

Se manejaron los siguientes criterios de validación de registros:

- El padrón transado debía tener una superficie mayor o igual a una hectárea.
- El número de padrón transado debía contar con información geográfica disponible
- El padrón debía estar en la misma sección judicial en ambas bases de datos. (En los casos en que esto no sucedió, el padrón se quitó de la base de datos).
- El padrón debe tener la misma superficie en ambas bases de datos, en caso contrario se optó por utilizar la información de superficie disponible en DGR.

Nota: La Comisión de Estudios Agroeconómicos de la Tierra (CONEAT) por su parte nos proporciono personalmente la distancia a los centros

poblados de cada padrón individual en todo el país.

3.2.2.- Superposición de Mapas y CONEAT Digital.

La integración de la carta digital CONEAT para otros usos ya viene siendo usada desde hace tiempo por parte de la Dirección Nacional de Recursos Naturales Renovables a continuación presentamos algunos ejemplos y luego presentamos nuestro caso particular para derivar la variable erosión, disponibilidad de agua y zonas de suelos de prioridad forestal entre otras con el Software Arcexplorer.

Para presentar la potencialidad de la herramienta de Sistema de información geográfico la RENARE cita varios ejemplos que nosotros resumimos brevemente.

Se integro información acerca de la localización de chacras de arroz, las represas y tomas de aguas, con la aptitud productiva de los suelos (Grupos CONEAT) con el fin de evaluar el uso de tierras para riego.

Por otra parte ya se han aplicado la combinación de capas de información, por ejemplo el mapa de aptitud de suelos (grupos CONEAT) con el uso real, para el apoyo a la toma de decisiones de políticas sectoriales, en particular se hizo un estudio de la expansión del cultivo de soja 2004 por medio de la localización de cultivos de soja según la División de Estadísticas Agropecuarias con información de suelos, para detectar áreas de mayor fragilidad ante la degradación por erosión, para actividades de control de la misma. El resultado de este trabajo fue el

mapa que elaboro la División Suelos y Aguas “Zonificación para Cultivos de verano” a partir de Grupos CONEAT (citado por la RENARE).

Se ha combinado información sobre la localización de bosques, la infraestructura vial y centros poblados, y las fuentes de agua, en esto se apoya el Sistema Nacional de Emergencia para prevenir y controlar incendios forestales.

Se actualizo la cartografía de bosques mediante uso de imágenes satelitales y la carta de suelos de prioridad forestal, para el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.

Se integro el CONEAT digital, con los datos de la División Contralor de Semovientes (DICOSE) y la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976), se realizó la localización de las empresas ganaderas y se estableció un radio crítico sanitario, para la asistencia a la División de Sanidad Animal para controlar la fiebre aftosa en la crisis 2001.

Se hizo el relevamiento de la infraestructura de Acondicionamiento y Almacenaje de Granos, con la localización geográfica precisa de la totalidad de las plantas y depósitos de granos en todo el país.

Estos son algunos ejemplos citados por la Dirección de Recursos Naturales Renovables, en cuanto a nuestro trabajo particular, usamos el Sistema de Información geográfico para derivar la erosión, la disponibilidad de agua y las zonas de prioridad forestal de cada padrón transado. A dicha información integramos la información de la carta de

reconocimiento de suelos (1976) como forma de obtener información adicional sobre suelos.

Por tanto, con la ubicación de los padrones obtenida mediante carta digital CONEAT, se procedió a ubicar los mismos en las cartografías de erosión antrópica (escala, 1/500000), la de disponibilidad de agua (escala, 1/1000000) y la de suelos de prioridad forestal (escala, 1/40000). Estas cartografías se encuentran disponibles en el Departamento del Sistema de Información Geográfica de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables (RENARE) en el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP). El software que permite superponer dichas cartografías es el ArcExplorer, que explicamos en la siguiente sección. En resumen las variables obtenidas con el software ArcExplorer son:

- La clasificación y descripción del suelo según el suelo dominante que le corresponde al establecimiento transado en la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (escala 1/1000000, 1976) escala 1:1.000.000.⁴
- La intensidad del proceso erosivo que le corresponde al establecimiento según la Carta de Erosión Antrópica (publicada, 2000). Dicha carta, se presenta a escala 1:500.000.

4 Unidad Cartográfica son unidades básicas de mapeo en base a fotografías aéreas escala 1/40000 y levantamientos *de suelo*, esto último es, la comprobación en el terreno mismo o verificación de campo, con análisis físico-químico. Se identifican con nombres geográficos y describen y caracterizan los suelos, según áreas homogéneas de vegetación, topografía, material madre y uso del suelo (Sganga et al 2005). También se describe la frecuencia y localización de los suelos dominantes y asociados, así como el color, la textura, pendiente, rocosidad, pedregosidad, erosividad, etc. La carta de reconocimiento de suelos se compone de 99 asociaciones de suelos o unidades cartográficas. Estas unidades cartográficas son la base de toda cartografía en nuestro país.

Esto permite expresar la superficie territorial del fenómeno erosivo en áreas no menores a 10.000 ha (Sganga et al, 2005).

- La capacidad de retener agua (CRA) del suelo correspondiente al establecimiento, de acuerdo a la Carta de Disponibilidad Potencial de Agua en el suelo, escala 1:1.000.000. Esta carta es una carta interpretativa de la Carta de Reconocimiento de Suelos actualizada al 2001. Esto es: la Carta de Disponibilidad Potencial de Agua en el suelo es el resultado de estimar la capacidad de retener agua en el suelo para cada unidad cartográfica (99) a partir de la información actualizada al 2001 de la Carta de Reconocimiento de Suelos.
- Si el establecimiento está en zona de suelos de prioridad forestal. Para ello se usa la Carta de Suelos de Prioridad Forestal del 2006. Dicha carta representa los Grupos CONEAT que por ley fueron asignados a la actividad forestal y básicamente fue construida con la cartografía digital CONEAT.

3.3.- Software ArcExplorer

3.3.1.- Las cosas que se pueden hacer con ArcExplorer

ArcExplorer es un software que se puede bajar gratis desde el sitio de Environmental Systems Research Institutud, Inc. Según el manual de usuario, las tareas más importantes que se pueden realizar con este software son:

- Identificar ubicaciones específicas en los mapas.
- Medir distancias en los mapas.
- Identificar y extraer información específica de los datos geográficos o atributos de los mismos.
- Crear mapas utilizando, símbolos e identificadores.
- Acercar o alejar múltiples capas o mapas.
- Desplegar imágenes en gran variedad de formatos.
- Ver y bajar mapas publicados en sitios webs que usen la tecnología, ESRI's Servidores de Mapas de Internet (SMI).

3.3.2.- Conceptos básicos

En nuestro trabajo el ArcExplorer es utilizado para analizar los datos geográficos de las distintas cartografías mencionadas en el cuadro 5, es básicamente, información sobre el estado de la fase de erosión que presenta el establecimiento, la capacidad de retener agua en el suelo del

establecimiento, si el establecimiento se localiza en zonas suelos de prioridad forestal, y la unidad cartográfica de la carta de reconocimientos de suelos del Uruguay (1976) a la que pertenece el establecimiento. Esto último para eliminar las unidades cartográficas que tienen el coneat con erosión.

La Información se presenta en la ventana principal del ArcExplurer de dos formas distintas:

- Datos descriptivos presentados en cuadros de texto (Sección Judicial, Unidades Cartográficas, Fases de Erosión, Capacidad de retener Agua, Zona de suelos de Prioridad Forestal).
- Información espacial (carreteras nacionales, delimitaciones departamentales, delimitaciones de secciones judiciales, ríos, arroyos etc.)

La información espacial se presenta en forma capas de información o temas, correspondiendo a cada tema un mapa que contiene un tipo específico de información (erosión, capacidad de retener agua, zonas de prioridad forestal, unidades cartográficas etc.)

Una de las funciones más importantes del ArcExplorer es la capacidad de mostrar distintas capas en una sola vista del mapa. Esto permite analizar las propiedades o atributos de cada establecimiento, teniendo en cuenta varios temas de información al mismo tiempo (Por ejemplo que estado de erosión tiene un establecimiento, a la vez de que capacidad de retener agua y la zona de prioridad forestal correspondiente al establecimiento en

cuestión).

La ventaja del ArcExplorer es que los temas y las vistas de los mapas representan en una sola determinada escala.⁵

3.3.3.- ArcExplorer y CONEAT Digital

La descripción de los grupos de suelos CONEAT que obtuvimos de la cartografía digital CONEAT, es utilizada en este trabajo para cotejar la exacta localización de los padrones en la carta de erosión antrópica y la disponibilidad de agua y asignar las correspondientes variables al padrón del establecimiento. Esto es porque la descripción de los Grupos CONEAT se basa en la carta de Reconocimiento de Suelos (1976).

La descripción comprende la información sobre la pendiente promedio del Grupo CONEAT, el material geológico de mismo, la erosión, la rocosidad, pedregosidad para el grupo CONEAT, el uso suelo del mismo, además también se menciona la unidad cartográfica donde dicho grupo de suelo CONEAT se presenta más frecuentemente.

Esta descripción se hace para cada uno de los grupos de suelo distintos de todos los que componen el establecimiento. Para nuestro trabajo tomamos en cuenta la descripción del suelo de mayor proporción en el establecimiento. La razón es porque hay que tener en cuenta que la carta de reconocimiento es a escala 1/1000000 y la carta de erosión antrópica

⁵ La escala de un mapa es la relación entre el tamaño del mapa y las dimensiones reales de la tierra. Por ejemplo la escala de la carta de reconocimiento de suelos es 1:1000000, indica que una unidad de distancia en el mapa, representa 1000000 de unidades reales en la tierra (EJ. 1cm – >1000000 cm. reales 100km)

es a escala 1/500000, con lo cual esto es una limitación de nuestro trabajo. Porque no podemos saber si exactamente los padrones presentan la erosión que dice la carta de erosión antrópica (en el ArcExplorere) o si la capacidad de retención de agua en suelo correspondiente a dicha carta, es exactamente la que contiene el padrón. Esto fue solucionado por parte nuestra, localizando los padrones en la unidad cartográfica correspondiente con el ArcExplorer y luego cotejar con la descripción que proporciona CONEAT digital. Cuando ambas informaciones concuerdan, esto quiere decir que podemos derivar con cierto grado de confianza la erosión y la disponibilidad de agua, con el resultado de nuestra exploración con el ArcExplorer.

Encontramos que la información obtenida con el ArcExplorer no difería en la mayor cantidad de observaciones, en los casos que dichas observaciones no fueran concordantes, los padrones fueron retirados de la muestra.

NOTA IMPORTANTE:

Por nuestra parte, como forma de validar nuestros resultados por medio de este procedimiento, consultamos con los técnicos del departamento del Sistema de Información Geográfico de la Dirección General de Recursos Naturales Renovables, explicando el método para derivar la erosión y la disponibilidad de agua (mencionado anteriormente).

Por su parte, los técnicos nos informaron que actualmente no se cuenta con información de estas variables para cada padrón individual en el país,

no obstante el procedimiento que utilizamos nosotros, de reducción de escalas de los mapas y superponerlos, para medir la variable erosión y disponibilidad de aguas en suelo a nivel de padrón, no es lo más recomendable, precisamente por problemas de escalas en los mapas.

No obstante, actualmente, como la cartografía de erosión y la cartografía de disponibilidad de agua, es la única información disponible en nuestro país para derivar estas variables, a los efectos de nuestro trabajo, mencionando dicha salvedad y la forma de solucionarla (como hicimos más arriba) este método, sería la única forma de obtener estas variables dados los conocimientos de que disponemos actualmente.

Por otra parte, los establecimientos al igual que contienen distintos tipos de suelos en diferentes proporciones como se describe en la consulta CONEAT, quizás pueden tener distintos estados de erosión a medida que aumente la superficie del terreno. Nosotros por nuestra parte no contamos con esta última información por lo que solo le atribuimos a cada padrón solo un grado de erosión y es el que se deriva de la carta de erosión antrópica del Uruguay (2000).

Un caso similar al anterior se nos presenta cuando asignamos la disponibilidad de agua en el suelo al padrón. Como la disponibilidad de agua fue estimada para cada una de las unidades cartográficas de la carta básica de suelo. Primero se puede comprobar a nivel de padrón, si dicha variable está bien asignada, localizando el padrón con el ArcExplorer en la unidad cartográfica correspondiente, y segundo,

tomando la descripción del grupo de suelo CONEAT de mayor proporción en el padrón, se puede saber en cual unidad cartográfica se presenta mayormente dicho suelo, y si ambas informaciones concuerdan entonces obtenemos directamente la disponibilidad de agua a nivel de cada padrón con el resultado de la exploración de la carta de disponibilidad de agua en suelo.

Este método es el básicamente parecido al que usan Miranowski y Hammes (1985) porque ellos consideran el suelo más importante en cuanto a proporción en el condado o el de mayor proporción en el establecimiento (Ver la tabla 1).

En cuanto a si los padrones están en zonas de prioridad forestal, los técnicos del SIG, nos dijeron que no hay problemas en cuanto utilizar la carta de suelos de prioridad forestal para localizar los padrones, porque dicha carta fue construida en base a la Carta Digital CONEAT.

Tabla 2. Mapas del Sistema de Información Geográfico RENARE - MGAP y del SIGM.

MAPAS LOCALIZACIÓN:	DE	DESCRIPCIÓN
Secciones Judiciales del Uruguay		Es un mapa que contiene los límites judiciales que están presentes en la cartografía CONEAT escala 1:20000. Se usa como referencia de ubicación de padrones en los respectivos departamentos.
Imágenes del Uruguay:		Incluye todos los elementos utilizados para localizar los padrones que se transan: Caminería, hidrografía, centros poblados, vías férreas etc. Se obtiene del sistema de información geográfico militar.
MAPAS DE VARIABLES		
Cartografía CONEAT.	Digital	Cartografía digital CONEAT. Superpone los grupos de suelo CONEAT, con el Catastro Rural. Permite obtener, el índice de productividad promedio y las variables de localización. (Si el lote se encuentra frente a ruta nacional, o si está frente a la costa de un lago, laguna, río, etc.)
Erosión		Carta de Erosión Antrópica del Uruguay escala 1:500000. Se ubica el lote transado con la intensidad del proceso erosivo correspondiente.
Disponibilidad de Agua (CRA)	Potencial	Carta de Acumulación Potencial de Agua en Suelo: Se ubica el padrón en la unidad cartográfica (UC) de la carta de reconocimiento de suelos actualizada (2001), y se le asigna la CRA de la unidad correspondiente.
Suelos de forestal.	prioridad	Carta de Suelos de Prioridad Forestal año 2006. Indica si el padrón cae en zona de prioridad forestal.
Unidades Cartográficas		Compendio de Suelos Uruguay 2001. Es una actualización digital de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976).
SOFTWARE: ArcExplorer		Este software permite visualizar y explorar fácilmente las cartografías mencionadas anteriormente, para localizar los padrones transados en el mercado mediante la aplicación CONEAT en Internet.

Fuente: elaboración propia 2011.

3.4.- La Variable Dependiente

Para la construcción de nuestra **variable dependiente (precio de la hectárea)**, tomamos el monto total de la operación de compra-venta que figura en el registro y lo dividimos entre el número de hectáreas del inmueble transado. Este precio por hectárea obtenido lo medimos en dólares corrientes, puesto que la enorme mayoría de registraciones, se hacen en esta moneda. No obstante un número muy reducido de las registraciones se hace en moneda nacional, unidades reajustables y euros para convertir a dólares estos precios usamos los datos respectivos mensuales del Instituto Nacional de Estadística. Tipo de cambio nominal

promedio mensual cotización al público, valor de la unidad reajutable mensual y cotización del euro promedio mensual.

3.4.1.- Identificación y Exclusión de Observaciones Atípicas

Una vez que obtuvimos los precios por hectárea, el siguiente paso fue identificar y excluir las observaciones atípicas. Dichas observaciones, pueden haberse dado por errores de registración, o porque los padrones no tuvieron destino al uso agropecuario. Por parte de la División de Estadísticas Agropecuaria, según su metodología los valores de compraventas más comunes que se presentan para inmuebles rurales con destino al uso agrícola, están en un rango entre 50 y 30000 dólares la hectárea.

Por nuestra parte, en el presente trabajo utilizamos la metodología propuesta por Tukey (1977) para detectar y excluir las observaciones atípicas (es el que tiene disponible el stata). El método es el siguiente:

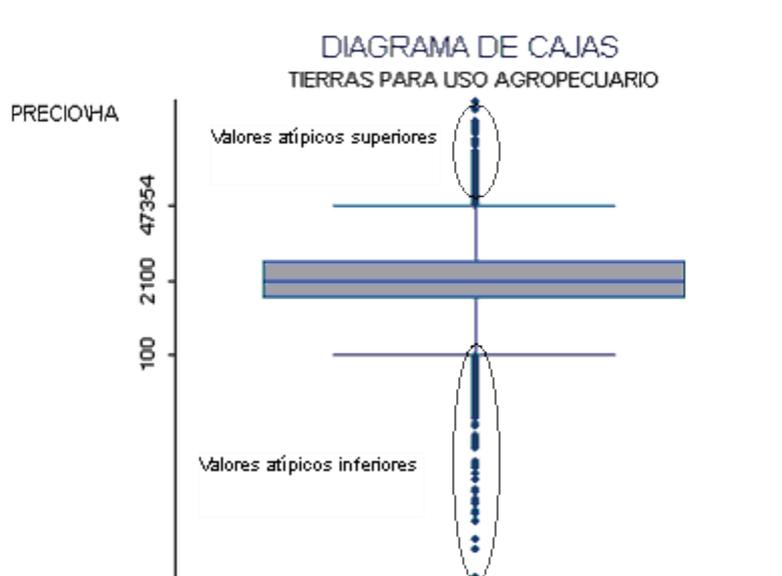
Primero se ordenan de menor a mayor todas las observaciones de una variable x (En particular el logaritmo natural del precio por hectárea Precio/Hectárea), luego identificamos los percentiles x_{25} y x_{75} , posteriormente se definen el limite superior ls y limite inferior li como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$(3) \quad l_s = x_{75} + \frac{3}{2}(x_{75} - x_{25})$$

$$(4) \quad l_i = x_{25} - \frac{3}{2}(x_{75} - x_{25})$$

Por su parte el l_i y l_s determinan el rango dentro del que se considera las observaciones de la variable no atípicas. Por el contrario si una observación está fuera de dicho rango la observación se considera atípica.

Figura 2. Diagrama de cajas para detectar observaciones atípicas



Fuente: Elaboración propia, con el software stata.

El número total de observaciones eliminadas fue de 380, solo un 5.8 % de la muestra, llegando a un número total de 6182 observaciones no atípicas. La descripción de las variables explicativas se realiza a continuación. Para ello agrupamos las variables explicativas por tipo.

3.5.- Variables Independientes

3.5.1.- Atributos Edafológicos

3.5.1.1 *La variable erosión*

Esta variable mide la intensidad del proceso erosivo en cada padrón. La variable fue construida ubicando cada padrón transado en la “Carta de Erosión Antrópica del Uruguay” (SIG-RENARE, 2000). Como se explicó más arriba, para ello se tomó el número de cada padrón en la base de datos proporcionada por la Dirección General de Registros, el departamento, y la sección judicial correspondiente, y utilizando el software ArcExplorer, se ubicó dicho padrón en la mencionada carta.⁶

El mapa de la Carta de Erosión Antrópica del Uruguay divide el suelo de acuerdo a cinco categorías o Fases de Erosión.⁷ (Ver Sganga et al., pp 75-76, 2005, para una exposición de la metodología de construcción de las categorías). Estas categorías se transcriben textualmente en la tabla 3 (no se incluye la categoría “Sin erosión”). Para la construcción de nuestra variable independiente construimos cuatro variables “dummy” (0/1) por cada categoría de la tabla 3.

Es importante aclarar en cuanto a la precisión de esta variable lo siguiente: Las fases de erosión actual generalizadas por zonas del país

6 El software puede bajarse libremente de:
<<http://www.esri.com/software/arcgis/explorer/arcexplorer.html>> accedido 2011.

7 El informe se encuentra disponible en:
<http://www.mgap.gub.uy/renare/marco_central_renare.htm> accedido en 2011.

de la Carta de erosión antrópica se presentan en una escala 1:500000, la precisión entonces permite el fenómeno erosivo en áreas no menores a 10000 hectáreas, obviamente esta es una limitación de este trabajo, pero la carta de erosión antrópica es la única información disponible que se encuentra hasta la fecha, en la Oficina de Sistemas de Información Geográfico.

Por último en función de la categoría omitida (erosión nula) se espera que estas variables presenten signo negativo.

Tabla 3: Definición de la variable Erosión

Erosión	Definición	% de Área del total afectada a nivel nacional .
LIGERA LIGERA	/MUY "Fenómeno erosivo predominantemente laminar (o intersurco), que reduce promedialmente al horizonte A original del suelo en menos de 25 %. La tierra pierde productividad pero no aptitudes ni capacidad de uso".	18.3%
LEVE	"Fenómeno erosivo laminar (o intersurco) y con formación de canalículos, que reduce promedialmente al horizonte original del suelo entre 25 y 75 %. La tierra pierde parte de sus aptitudes y disminuye moderadamente su capacidad de uso." ⁸	9,90%
MODERADA	"Fenómeno erosivo laminar (o intersurco) y con formación de canalículos y cárcavas que reduce promedialmente al solum en un espesor coincidente con el horizonte original. ⁹ La tierra pierde gran parte de sus aptitudes y disminuye significativamente su capacidad de uso".	1.3%
SEVERA	"Fenómeno erosivo en canalículos y cárcavas que reduce promedialmente al solum en un espesor superior al del horizonte original e impiden el normal pasaje de los equipos agrícolas. La tierra restringe sus aptitudes y capacidad de uso a utilidades recuperadoras del suelo".	0.5%

Fuente (PAN, 2005).

8 Erosión laminar es una erosión superficial, después de una lluvia, es posible que se pierda una capa fina y uniforme de toda la superficie del suelo.

9 Solum es el conjunto de horizontes situados por encima del material madre (la roca originaria del suelo). Por otra parte erosión en canalículos es pérdida de suelo donde se genera micro-relieve.

3.5.1.2 Variable Calidad Productiva del Suelo

La segunda característica del suelo incluida como control en la regresión es la calidad del tipo de suelo. Esta variable se mide a través del índice de productividad CONEAT, el cual mide la capacidad productiva de carne (bovina y ovina) y lana de todos los suelos del país.¹⁰ El valor 100 del índice indica la capacidad productiva media del país en términos de lana y de carne bovina y ovina en pie, en campo natural no mejorado. Por su parte los índices CONEAT se corresponden con 188 agrupamientos (Grupos de suelos CONEAT) con similar productividad que va desde 0 hasta 268 y resulta de interpretar la aptitud pastoril de los mismos (Durán y García Prechác 2005).

Los grupos de suelos CONEAT no son estrictamente lo mismo que las unidades cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos (CRSU,1976), son más bien áreas homogéneas definidas por su capacidad productiva como lo explicamos más arriba en el texto. Sin embargo la descripción de los grupos CONEAT se realiza según la clasificación uruguaya de suelos (Durán, García Prechác, 2005, CRSU,1976) de la que se dispone en internet y utilizamos como referencia para establecer el tipo de suelo de mayor proporción en el establecimiento. Los grupos de suelos se superponen al catastro rural y se representan en la cartografía CONEAT digital escala 1/20000.

¹⁰ Ver Apéndice A.1 para una descripción más detallada de la construcción de este índice.

El país cuenta con una clasificación de los suelos según su índice de productividad CONEAT a nivel de cada padrón desde 1979, estimada por el Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), con el asesoramiento de la CONEAT, a los efectos de introducir el Impuesto a las Actividades Agropecuarias (IMAGRO).¹¹

Los índices CONEAT ya no tienen un fin tributario, pero han demostrado ser buenos indicadores de la aptitud pastoril y la aptitud agrícola de la tierra, ya que los grupos de suelos de mayor productividad se corresponden con tierras agrícolas para cultivos de secano (Durán y García Préchac, 2005). Asimismo, estudios hechos por parte de CONEAT han demostrado que los índices de productividad se correlacionan con el precio de la tierra (MGAP/CONEAT, 1987). Más recientemente, **Lanfranco y Sapriza (2010)** confirman dicha relación.

La forma de utilizar esta variable (tipo de suelo) es asignarle un valor del índice de productividad CONEAT a cada padrón en nuestra muestra, para hacer esto usamos la aplicación "CONEAT" disponible en Internet (<http://www.prenader.gub.uy/coneat>).

La hipótesis, es que los índices CONEAT guardan una relación estadística significativa para explicar el valor de la tierra.

Dado que el interés principal de este trabajo consiste en identificar el impacto del nivel de erosión en el precio de mercado de la tierra, a los

11 CONEAT: Comisión Nacional de Estudios Agroeconomicos de la Tierra creada por ley 13.695, Dec 368/968.

efectos de la identificación de nuestra variable de interés, optamos por excluir de la muestra las unidades cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976) que contienen los 11 grupos de suelos para los cuales se utilizó el nivel del estado de erosión para calcular el nivel de productividad. Estas unidades de suelos son: Unidad Tala-Rodríguez, Unidad Chapicuy, Unidad Kiyú, Unidad Toledo, Unidad Montecoral, Unidad Ecilda Paullier-Las Brujas (ver Durán y García Préchac, Vol. 1, p16, 2005).

Como consecuencia de eliminar las unidades cartográficas que mencionamos, el total de la muestra final paso a ser de 4718 observaciones, eliminando 1464 observaciones un 23.68% de la muestra.

3.5.1.3 Capacidad de Retención de Agua en el Suelo

Este atributo representa la capacidad del suelo de retener agua en el suelo. La fuente de esta información la División Suelos y Aguas (D.S.A.) del MGAP. Esta dependencia estimó el contenido de agua para cada una de las respectivas Unidades Cartográficas (noventa y nueve (99) asociaciones de suelos) con una base a datos actualizada de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay (1976). La estimación se realizó usando 200 perfiles de suelos diferentes y teniendo en cuenta diferentes condiciones atmosféricas, diferentes características morfológicas y espesores de horizontes de suelos, porcentaje de los diferentes perfiles, y afectación por rocosidad, pedregosidad y erosión actual. Con el resultado

del cálculo, la D.S.A construyó un mapa y asignó la capacidad de retener agua a las respectivas unidades cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos. De esta manera las 99 Unidades Cartográficas fueron clasificadas por la División Suelos y Aguas en cinco categorías según su capacidad de retener agua: Muy baja (menor a 40 mm); Baja (entre 40 y 80 mm); Media (entre 80 y 120 mm); Alta (entre 120 y 160 mm) y Muy Alta (mayor a 160 mm).

Nosotros utilizamos el mapa resultado de dicho trabajo para construir la variable capacidad de retención de agua en el suelo a nivel de cada establecimiento. Esto fue posible utilizando el software ArcExplorer para localizar cada establecimiento en el mapa de disponibilidad de agua y asignarle la categoría correspondiente. Omitiendo la categoría “Muy baja”, incluimos las restantes cuatro categorías como cuatro variables dummy (CRA_BAJA, CRA_MEDIA, CRA_ALTA, CRA_MALTA, respectivamente). En función de la categoría omitida, se espera que estas variables tengan coeficientes positivos.

En el Cuadro A2.1 en el Anexo A2 se presenta la caracterización de cada clase de Capacidad de Retener Agua en el Suelo.

3.5.1.4 La superficie del terreno

Se incluye también la superficie total del terreno expresada en hectáreas (HECTÁREA) para captar la influencia del tamaño del predio en el precio por hectárea.

3.5.2 Variables de localización

Además de las características del suelo arriba mencionadas (nivel de erosión, índice de productividad, capacidad de retención de agua y superficie), se incluyen las siguientes variables para controlar por la localización del terreno:

3.5.2.1 Distancia al centro poblado

La variable distancia a centro poblado se obtuvo de la Comisión Nacional de Estudios Agro-económicos de la Tierra - CONEAT. La distancia de los padrones a los centros poblados en dicha base de datos está constituida por radios de 5, 10, 15, 20 y más de 20 kilómetros. Los padrones que se encuentran en un radio de 5km del centro poblado, están todos ubicados en Canelones y San José, por tanto, como eliminamos las observaciones correspondientes a las unidades Tala-Rodríguez y Kiyu entre otras, que justo están en estos departamentos. En este caso, la variable distancia al centro poblado es implementada con cuatro variables dummy (0/1) (RADIO_15KM, RADIO_20KM, RADIO_M20KM). Se excluye la radio de 10 Km, para ser usada como grupo base, por lo que se espera que los coeficientes tengan un signo negativo, si a mayor distancia a centro poblado menor es el precio por hectárea (esto podría ser tanto por mayor distancia a mercados, como por mayor presión de uso de la tierra para otros usos no agropecuarios).

3.5.2.2.- Si el terreno está frente a ruta nacional o no (RUTA),

Esta variable se obtiene una vez ubicado geográficamente el padrón en la cartografía digital CONEAT. Si el terreno está frente a ruta nacional esta variable vale 1, y 0 en otro caso.

3.5.2.3.- Si el terreno está frente a un curso de agua (río, arroyo, laguna, etc.) o no (COSTA)

Similarmente, la variable COSTA se obtiene una vez ubicado geográficamente el padrón en la cartografía digital CONEAT. Si el terreno está frente a un curso de agua (río, arroyo, laguna etc.) esta variable vale 1, y 0 en otro caso.

3.5.2.4.-Si el terreno se ubica en zona de prioridad forestal (FORESTAL),

Es posible que padrones con índices CONEAT relativamente bajos se valoricen por encima de otros padrones con mayor productividad agrícola por ser suelos de prioridad forestal. Este efecto se controla incluyendo la variable dummy (0/1) FORESTAL, que toma el valor 1 si el padrón en cuestión se ubica en suelos de prioridad forestal, y 0 en otro caso. Esta variable se obtiene de la Carta de Suelos de Prioridad Forestal año 2006. Una vez localizado el padrón en la Cartografía Digital CONEAT, se busca la misma localización en la carta forestal (explorando con el software ArcExplorer).

3.5.3 Variables de Mercado

3.5.3.1 Precios de los Principales Rubros de Exportación

Además de las variables que describen los atributos y la localización del terreno, se incluyen los precios del mercado internacional para los principales rubros de exportación (commodities) del Uruguay: la soja, la celulosa, el arroz, la lana y la carne vacuna. (Ver la tabla 5). Éstos afectan la rentabilidad esperada de las distintas actividades productivas que puede llevar adelante quien invierte en el lote de tierra, y por ende su precio. Los precios están medidos en dólares **corrientes** mensuales. Los datos se obtuvieron del Fondo Monetario Internacional, excepto el precio internacional de la celulosa que fue obtenido del Banco Central de Chile (sector precios internacionales).

Se incluye también el tipo de cambio promedio mensual al público (Fuente: I.N.E.).

3.5.3.2 Precios de los Fertilizantes y combustibles:

Los precios de los insumos importados también afectan la rentabilidad de las distintas actividades productivas de los potenciales inversores, para la compra del lote tierra. A los efectos de nuestro trabajo se incluyen el precio del fosfato diamónico (DAP), el precio de la urea (UREA), y el precio del superfosfato triple (TSP) y por último se incluye el precio del barril de petróleo west texas. La fuente para los precios de los fertilizantes

es el banco Mundial y para el barril de petróleo es el FMI, para una explicación más detallada ver el cuadro 3. La razón de haber elegido estos tres tipos de fertilizantes, es porque según el anuario estadístico 2009 de la División de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) de Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP), estos fueron los fertilizantes con más peso dentro de las importaciones de estos insumos agropecuarios.

Tabla 5: Precios Internacionales de los Commodities.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN
PRECIO SOJA (SOJA)	Precio de la soja de color amarillo nº2. Promedio mensual. Chicago. Contratos a futuros (forward primer contrato). ¹² Medido en dólares EE.UU. por tonelada. Fuente: FMI
PRECIO CELULOSA (CELULOSA)	Precio de la Celulosa blanqueada de fibra larga Northern Bleached Softwood Kraft NBSK, promedio mensual, medida en dólares EEUU/ tonelada. Fuente: Banco Central Chile, Sector Precios Internacionales.
PRECIO CARNE (CARNE)	Precio de la Carne de Res, promedio mensual, Australia y Nueva Zelanda, 85% Fores Magra, precio FOB de importación de EE.UU., medido en centavos de dólar por libra. Fuente: FMI. ¹³
PRECIO LANA (LANA)	Precio promedio mensual de la lana Fina 19 micras, mercado Spot de Australia, Centavos de Dólar por Kilo Gramo. Fuente: FMI.
PRECIO ARROZ (ARROZ)	Precio promedio Arroz blanco molido, 5% roto, nominal Tailandia, en dólares de EE.UU. por tonelada métrica. Fuente: FMI.
TC	Tipo de cambio promedio mensual, cotización al público medido en pesos uruguayos.
PRECIO DEL BARRIL PETRÓLEO WEST TEXAS (PBWT)	Precio del Barril del petróleo West Texas Intermediario API (40), promedio mensual fob Midland Texas medido en Dólares por barril. Fuente FMI
PRECIO DEL DAP (DAP)	Precio del DAP (FOSFATO DIAMÓNICO), tamaño regular, a granel, F.O.B, golfo de México. Medido dólares por toneladas métricas. Fuente Banco Mundial.
PRECIO DE LA UREA (UREA)	Precio de la Urea, (mar negro), a granel, spot, f.o.b. mar negro (principalmente Yuzhnyy) desde Julio 1991; para 1985-1991 (Junio) f.o.b. Europa Oriental. Medido en dólares por tonelada métrica. Fuente Banco Mundial.
PRECIO DEL SUPER FOSFATO TRIPLE (TSP)	TSP (Superfosfato triple), hasta Septiembre 2006 a granel, spot, f.o.b.Golfo de México; desde Octubre 2006 Túnez, granular, f.o.b. Medido en dólares por tonelada métrica. Fuente Banco Mundial.

Fuente elaboración propia 2011.

12 Forward es un contrato a futuro establecido entre partes interesadas, pero no está estandarizado o sea por ejemplo los plazos de entrega y pagos, los fijan las partes y no la bolsa de valores.

13 1lb = 0.4536 Kg

3.5.4 Variables Climáticas

Las características climáticas pueden influir la rentabilidad de la actividad que se realiza en el suelo. Por tanto se incluyen para captar el efecto de los atributos climáticos de la zona donde se encuentra en terreno sobre su precio. Las variables climáticas incluidas son: Precipitaciones Promedio Mensual por Departamento medidas en milímetros (mm), Temperatura Promedio Mensual por Departamento medidas en grados Celsius (°C) y Humedad Relativa Media Mensual por Departamento medida en porcentaje (%). La fuente es el trabajo CARACTERIZACIÓN AGROCLIMATICA DEL URUGUAY 1980-2009 recientemente publicado en la pagina web del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), y en particular su unidad Grupo Agro-Clima y Sistemas de Información (GRAS).¹⁴ La fuente de información de estos datos es el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), y en particular su unidad Grupo Agro-Clima y Sistemas de Información (GRAS). . En dicho trabajo, se recopilaron datos de las estaciones meteorológicas de la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) y de las estaciones meteorológicas del Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA). El lector interesado puede consultar el material en el sitio web del GRAS.

¹⁴ http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html, accedido en 2011.

3.5.5 Densidad de población

La densidad de la población en el Departamento puede ser un factor de presión en el precio de la tierra. Por dicho motivo se la incluye como control. Esta variable se obtiene del Instituto Nacional de Estadística. La densidad de población es calculada por dicha fuente según departamento, en base al censo de población 2004 (Fase1). Se mide número de habitantes por kilómetro cuadrado.

El siguiente pagina (la tabla 6) presenta, a modo de resumen, las estadísticas descriptivas de cada variable explicativa utilizada.

Tabla 6. Variables y Estadísticas Descriptivas:

VARIABLES	MEDIA	DESVIO ESTÁNDAR	MIN	MAX	MEDIANA	MEDIDA
PRECIO	3965,481	5999,231	101,0053	47354,34	1979,218	USD/HA
TIPO DE SUELO CONEAT	97,94612	45,81098	1	268	90	IP CONEAT
EROSIÓN_LIGERA	0,2404748	0,4274127	0	1	0	0/1
EROSIÓN_LEVE	0,2385602	0,4262441	0	1	0	0/1
EROSIÓN_MODERADA	0,200268	0,4002392	0	1	0	0/1
EROSIÓN_SEVERA	0,0553322	0,2286494	0	1	0	0/1
CRA_BAJA	0,1899292	0,3922825	0	1	0	0/1
CRA_MEDIA	0,3683707	0,4824088	0	1	0	0/1
CRA_ALTA	0,2289872	0,4202212	0	1	0	0/1
CRA_MALTA	0,0047865	0,0690255	0	1	0	0/1
RADIO_15KM	0,0233382	0,150991	0	1	0	0/1
RADIO_20KM	0,1637841	0,3701181	0	1	0	0/1
RADIO_MÁS20KM	0,4536362	0,4978976	0	1	0	0/1
HECTAREA	127,3675	356,1026	1	12129,39	35,8137	HA
RUTA	0,2301184	0,420953	0	1	0	0/1
COSTA	0,0196701	0,1388784	0	1	0	0/1
FORESTAL	0,3284687	0,4697059	0	1	0	0/1
PRECIPITACIONES	105,9475	21,10354	55,86	182,96	105,74	mm
TEMPERATURA	16,53467	4,388927	1,124	26,2	15,8	°C
HUMEDAD_RELATIVA	74,53693	7,454332	6,32	82,99998	75,00001	%
PRECIO CELULOSA	821,3987	59,49302	665,1	904,4	825,7	USD/TON
PRECIO SOJA	377,7183	92,39465	255,87	554,15	347,56	USD/TON
PRECIO CARNE	119,5301	6,957963	103,75	135,5	118,4	¢USD/Lib
PRE CIO LANA	974,8708	128,4147	646,17	1157,37	987,73	¢USD/KG
PRECIO ARROZ	505,106	231,1332	313,48	1015,21	356,5	USD/TON
PRECIO DAP	682,3808	325,1217	267,6	1200,63	451,3	USD/TON
PRECIO UREA	398,8144	162,0898	225,38	770	325,25	USD/TON
PRECIO TSP	592,4883	319,7504	207,5	1131,5	405	USD/TON
PRECIO PRETRÓLEO	85,17495	25,27094	41,43999	133,93	79,90999	USD/BARRIL
TC	22,32791	1,818143	19,217	24,423	22,373	PESOS
INDICE PRECIOS INT.	-104,2161	6,925519	94,98743	156,1244	103,529	Δ

Nota: Se excluyen las observaciones de las unidades cartográficas de la Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay que contienen Grupos de Suelos CONEAT con erosión. Total de observaciones en la muestra 4718. El símbolo Δ denota un índice de precios con base en enero 2007

4 Discusión de Resultados Econométricos.

En esta sección se presentan los resultados econométricos para estimar el impacto de la erosión en el precio de la tierra de uso agrícola, en la tabla 7 se presenta el significado de cada una de las variables utilizadas en cada modelo presentado en este análisis.

Tabla 7: Definición de las variables utilizadas

VARIABLES	Signos esperados	Definición (Fuente de la información entre paréntesis)
EROSIÓN	Negativo	Se compone de cinco categorías que representan la intensidad del proceso erosivo. Se utiliza como base la categoría de erosión Nula, el signo esperado es con respecto a esta categoría. (CEAU: SIG-RENARE)
EROSIÓN_LIGERA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en zona de erosión Ligera y 0 en otro caso.
EROSIÓN_LEVE		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en zona de erosión Leve y 0 en otro caso.
EROSIÓN_MODERADA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en zona de erosión Moderada y 0 en otro caso.
EROSIÓN_SEVERA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en zona de erosión Severa y 0 en otro caso.
CONEAT	Positivo	Número que indica la productividad del grupo de suelo en términos de lana y carne (ovina y bovina), con respecto a la media nacional (Producción anual/Superficie productiva, por año en campo natural no mejorado) Se interpreta, como la calidad del tipo de suelo. Rango 0-268. Número de grupos 188. (Carta Digital CONEAT: SIG-RENARE)
AGUA DISPONIBLE.	Positivo	Se compone de cinco categorías que representan la capacidad de retener agua (CRA) del suelo. Se utiliza como grupo base la categoría CRA Muy Baja, el signo esperado es con respecto a esta categoría. (SIG-RENARE)
CRA_BAJA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en una unidad cartográfica (CRSU,1976) que contiene Disponibilidad de agua Baja y 0 en otro caso. (SIG,RENARE)
CRA_MEDIA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en una unidad cartográfica (CRSU,1976) que contiene Disponibilidad de agua Media y 0 en otro caso. (SIG,RENARE)
CRA_ALTA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en una unidad cartográfica (CRSU,1976) que contiene Disponibilidad de agua Alta y 0 en otro caso. (SIG,RENARE)
CRA_MUYALTA		Dummy 0/1, es 1 si el padrón está en una unidad cartográfica (CRSU,1976) que contiene Disponibilidad de agua Muy Alta y 0 en otro caso. (SIG,RENARE)
DISTANCIA AL CENTRO POBLADO.	Negativo	Se compone de 4 categorías compuestas por radios de 10 km, 15km, 20km, y más de 20km. Se utiliza como grupo base la categoría radio de 10km, el signo esperado es con respecto a esta categoría. (CONEAT).
RADIO 15K		Dummy 0/1 es 1 si está en Radio de 15km y 0 en otro caso.
RADIO 20KM		Dummy 0/1 es 1 si está en Radio 20km y 0 en otro caso.
RADIO MAS20KM		Dummy 0/1 es 1 si está en Radio de más de 20km y 0 en otro caso.

Fuente: Elaboración propia 2011

Tabla 7.1. Definición de las variables utilizadas

VARIABLES	Signos esperados	Definición (Fuente de la información entre paréntesis)
HECTÁREA	(¿?)	Superficie del lote, medida en número de hectáreas (1 hectárea son 10.000 m ²)
RUTA	Positivo	Dummy 0/1 es 1 si el terreno está frente a ruta nacional y cero en otro caso.
COSTA	Positivo	Dummy 0/1 es 1 si el terreno está frente a Río, Laguna, Arroyo etc. Y cero en otro caso.
FORESTAL	Positivo	Variable dummy que indica si el terreno cae en zonas de prioridad forestal.
DENPOB2004	Positivo	Densidad de población según departamento basándose en datos del censo 2004. (INE).
PRECIOS		
TC	Negativo	Tipo de cambio promedio mensual, cotización al público medido en pesos Uruguayos.
BARRIL DE PETRÓLEO	Negativo	Precio del Barril del petróleo West Texas Intermediario API (40), promedio mensual fob Midland Texas medido en Dólares por barril. (FMI).
A – PRECIOS INTERNACIONALES		Canasta con los precios de los principales rubros de exportación del Uruguay.
CARNE	Positivo	Precio internacional de la Carne de Res, promedio mensual, Australia y Nueva Zelanda, 85% Fores Magra, precio FOB de importación de EE.UU., medido en centavos de dólar por libra. (FMI). ¹⁵
LANA	Positivo	Precio promedio mensual de la lana Fina 19 micras, mercado Spot de Australia, Centavos de Dólar por Kilo Gramo.(FMI)
SOJA	Positivo	Precio internacional de la soja de color amarillo n ^o 2, Promedio mensual. Bolsa de Chicago. Contratos a futuros (forward primer contrato). ¹⁶ Medido en dólares EE.UU.(FMI)
CELULOSA	Positivo	Precio internacional de la Celulosa blanqueada de fibra larga Northern Bleached Softwood Kraft NBSK, promedio mensual, medida en dólares EEUU/ tonelada. Sector Precios Internacionales. (Banco Central Chile).
ARROZ	Positivo	Precio promedio Arroz blanco molido, 5% roto, nominal Tailandia, en dólares de EE.UU. por tonelada métrica. (FMI).
B-PRECIOS DE FERTILIZANTES		
DAP	Negativo	Precio internacional del fosfato diamónico, tamaño regular, a granel, F.O.B, golfo de México. Medido dólares por toneladas métricas. (BM).
UREA	Negativo	Precio de la Urea, (mar negro); Spot f.o.b. Europa Oriental. Medido en dólares por tonelada métrica. (Banco Mundial)
TSP	Negativo	Precio del Superfosfato Triple mercado de Túnez, granular, f.o.b. Medido en dólares por tonelada métrica (Banco Mundial)
CLIMA		
PRECIPITACIONES	Negativo	Precipitaciones promedio mensuales según estaciones meteorológicas por departamento (mm) . (INIA/GRAS)
HUMEDAD RELATIVA	Positivo	Humedad Relativa media mensual según estaciones meteorológicas por departamento (%). (INIA/GRAS)
TEMPERATURA	Positivo	Temperatura media mensual según estaciones meteorológicas por departamento (°C) . (INIA/GRAS)

Fuente: Elaboración propia 2011.

¹⁵ 1lb = 0.4536 Kg

¹⁶ Forward es un contrato a futuro establecido entre partes interesadas, pero no está estandarizado o sea por ejemplo los plazos de entrega y pagos, los fijan las partes y no la bolsa de valores.

4.1 Presentación de Resultados

En la tabla 8 se presentan los resultados de la estimación por Mínimos Cuadrados Ordinarios, con un estimador robusto de la varianza mediante la corrección de White (1980) para la heteroscedasticidad, problema que fue detectado en la base de datos.¹⁷ En cada columna numerada de 1 a 4 de la tabla 8, se puede observar los primeros cuatro modelos estimados en este análisis. Cada modelo presenta la magnitud de los coeficientes estimados, con su signo y nivel de significatividad individual, y abajo entre paréntesis los t-ratios robustos de White.¹⁸

En todos los modelos estimados, la variable dependiente es el precio unitario en dólares de la hectárea, transformado en logaritmos naturales. A continuación discutimos los resultados obtenidos.

4.1.1 Modelo base

En el modelo (1) es el que nosotros llamamos modelo base. En este modelo asumimos que el precio por hectárea en logaritmos, es una

¹⁷ Se utilizó el test Breush-Pagan para detectar la presencia de Heteroscedasticidad. Esta prueba utiliza los residuos de la regresión original, los eleva al cuadrado y después los regresa contra las variables independientes y obtiene el estadístico de prueba F , el cual se distribuye $F_{k,n-k-1}$, o en su defecto el estadístico de prueba LM que se distribuye $\chi^2(k)$. La hipótesis del test es "existe homocedasticidad", mientras que la alternativa (H_1) es que no hay homocedasticidad. Todas las estimaciones econométricas presentadas en esta sección fueron presentadas con Mínimos cuadrados Ordinarios con los estimadores Robustos de White (1980).

¹⁸ Los t-ratios de White, son construidos con la matriz de varianzas y covarianzas para los coeficientes estimados β (betas), que es igual a: $\sigma^2(x'x)^{-1}x'\Omega x(x'x)^{-1}$ y la estiman así: $(x'x)^{-1}[\sum_i e_i^2 x_i x_i'](x'x)^{-1}$ y nosotros esta matriz la llamamos $est\ var(b)$ donde las raíces cuadradas de la diagonal de $est\ var(b)$ son los errores estándar estimados de los coeficientes MCO, o sea que $est\ var(\beta)$ es igual a $\sigma^2 \hat{\Omega} = diag(e_1^2, e_2^2, e_3^2, \dots, e_n^2)$. Luego la fórmula es la siguiente:

$$t_{n-k-1} = \frac{\beta^* - hipótesis}{estVar(\beta^*)}$$

función del tipo de suelo (el índice CONEAT), la erosión, distancia al centro poblado, la capacidad de retención de agua (CRA) y la superficie del terreno.

$$y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5)$$

y = Logaritmo natural del precio por hectárea

X_1 = Calidad del tipo de Suelo

X_2 = Erosión

X_3 = Capacidad de Retención de Agua

X_4 = Distancia al centro poblado

X_5 = Superficie

El número de observaciones es de 4718 y R^2 es 0.1132 por tanto, explica el 11.32 % de la variabilidad del logaritmo del precio por hectárea de tierra. Por otra parte, a partir del valor del estadístico de Wald 631.9 que se distribuye $\chi^2(14)$ se concluye que los parámetros estimados para cada una de las variables, en su conjunto es significativo al 1%.¹⁹

19

Para contrastar hipótesis lineales del tipo $H_0: R\hat{\beta} = r$ se usa el estadístico de test de Wald que se define $W = \frac{(R\hat{\beta} - r)'[XX']^{-1}(R\hat{\beta} - r)}{\sigma^2}$

donde $\sigma^2 = \frac{e'e}{n}$ es un estimador consistente y donde R es una matriz $q \times k$ ($q < k$) de constantes conocidas y r es un vector conocido $q \times 1$.

El test de Wald, sigue una distribución χ^2 con tantos grados de libertad, como de restricciones que se van a contrastar.

4.1.2.- Tipo de suelo (CONEAT)

El índice CONEAT que se interpreta como el tipo de suelo, resultó que es significativo al 1%. Es decir, cada unidad de incremento del valor de dicho índice, el valor de la tierra aumenta un 0.27 % en promedio.

4.1.3 Erosión

Es importante aclarar que los parámetros de la erosión se interpretan como la diferencia entre el estado de erosión de la variable correspondiente que se muestra en la tabla 8, con respecto al grupo base, que es la variable omitida, que en nuestro caso, es el estado de erosión nula. De acuerdo al modelo base estimado en la primera columna, los coeficientes de la erosión todos presentaron el signo correcto esperado. En cuanto a la significatividad de los parámetros, los dos primeros coeficientes fueron significativos al 1%, uno no fue significativo y el último fue significativo al 10%, estos resultados se presentan en tabla 8.1, donde también se muestran los efectos marginales.

Tabla 8.1 Erosión

Modelo(1)				
Fase de Erosión	Coefficiente	Significación	Efecto Marginal	
LIGERA	-0.1431	1%	-13.3%	
LEVE	-0.2045	1%	-18.5%	
MODERADA	-0.0221	---	-2.2%	
SEVERA	-0.1503	10%	-13.9%	

Fuente elaboración propia.

En la tabla 8.1 se puede apreciar que los parámetros de la erosión, en cuanto a sus efectos marginales (*ceteris paribus*) hay una diferencia significativa al 1% de -13.3 % en promedio, entre los padrones con erosión ligera, comparados con los padrones que tienen erosión nula. Por su parte, encontramos (*ceteris paribus*) una diferencia significativa al 1% de -18.5 % en promedio entre los padrones que tienen erosión leve comparados con los que tienen erosión nula. Por otra parte, de lamisca manera encontramos hay (*ceteris paribus*) una diferencia de - 2.2% en promedio entre los padrones con erosión moderada y los que tienen erosión nula, no obstante está diferencia no fue significativa. Por último, el efecto marginal promedio entre los padrones severamente erosionados es una diferencia significativa al 10% de -13.9% comparado con los padrones que presentan erosión nula.²⁰

20 En el presente estudio todos los modelos estimados, son para la ecuación semi-logarítmica, entoces con el objetivo de estimar el efecto marginal (*ceteris paribus*) sobre el precio de la tierra se usa la siguiente fórmula: $100 \times (\exp(\beta^*) - 1)$ para las variables binarias como ser las distintas categorías de la erosión (entre otras), donde β^* es el valor del parámetro estimado (Wolddrige, 2002). El resultado se interpreta como variación porcentual en el precio. En caso que la variable sea continua y se presente en su nivel original, se utiliza la misma fórmula para interpretar el parámetro, solo que en este caso el resultado se interpreta como la semi-elasticidad de la variable (Wolddrige, 2002).

Tabla 8: MODELO PRECIOS HEDÓNICOS.

ESTIMACIÓN DEL COSTO ECONÓMICO DE LA EROSIÓN EN URUGUAY AÑOS 2007 Y 2008

VARIABLES	MODELO BASE	MODELO CON LOCALIZACIÓN Y CONDICIONES CLIMÁTICAS	MODELO CONTRALADO POR CONDICIONES DE MERCADO INTERNACIONAL	
	MODELO(1)	MODELO(2)	MODELO(3)	MODELO(4)
	COEFICIENTES	COEFICIENTES	COEFICIENTES	COEFICIENTES
CONCAT	0.0027*** (5.9147)	0.0029*** (6.2687)	0.0029*** (6.3918)	0.0029*** (6.4689)
FASE DE EROSIÓN				
LIGERA	-0.1431*** (-2.6159)	-0.0970* (-1.7767)	-0.0949* (-1.7603)	-0.1053* (-1.9540)
LEVE	-0.2046*** (-3.5093)	-0.1482** (-2.5153)	-0.1464** (-2.5118)	-0.1569*** (-2.6814)
MODERADA	-0.0220 (-0.3444)	-0.0443 (-0.6901)	-0.0469 (-0.7377)	-0.0561 (-0.8778)
SEVERA	-0.1500* (-1.6932)	-0.2227** (-2.4377)	-0.2274** (-2.5202)	-0.2370*** (-2.6238)
CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA				
BAJA	0.1125* (1.7845)	0.1053* (1.6573)	0.1194* (1.8762)	0.1283** (2.0346)
MEDIA	0.1373** (2.4064)	0.1494*** (2.5827)	0.1780*** (3.0633)	0.1924*** (3.3134)
ALTA	0.2314*** (3.6368)	0.2161*** (3.4010)	0.2465*** (3.8833)	0.2569*** (4.0524)
MUY_ALTA	1.2218*** (3.9792)	0.7392** (2.2716)	0.8393** (2.5316)	0.8861*** (2.6776)
DISTANCIA AL CENTRO POBLADO				
RADIO_15KM	0.0445 (0.3819)	-0.1947* (-1.6730)	-0.1766 (-1.5449)	-0.1400 (-1.2253)
RADIO_20KM	-0.1311*** (-2.6963)	-0.1274*** (-2.6293)	-0.1148** (-2.3877)	-0.1071** (-2.2328)
RADIO_MÁS20KM	-0.1493*** (-3.5533)	-0.1002** (-2.4004)	-0.0982** (-2.3742)	-0.0995** (-2.4062)
HECTAREA	-0.1716*** (-14.7309)	-0.1517*** (-12.7291)	-0.1504*** (-12.7157)	-0.1496*** (-12.6738)
LOCALIZACIÓN				
RUTA		0.1756*** (4.5507)	0.1652*** (4.3364)	0.1640*** (4.3276)
COSTA		0.6469*** (4.8783)	0.6580*** (4.9293)	0.6415*** (4.8501)
LFORESTAL		0.1426*** (3.8355)	0.1465*** (3.9802)	0.1578*** (4.3011)
ATRIBUTOS CLIMATICOS				
PRECIPITACIONES		-0.0030*** (-3.4177)	-0.0022** (-2.4732)	-0.0027** (-2.4708)
HUMEDAD_RELATIVA		0.0052** (2.3515)	0.0054** (2.4952)	0.0055** (2.2850)
TEMPERATURA		0.0058 (1.4379)	0.0030 (0.6506)	0.0134 (1.5765)
DENPOB2004		0.1357*** (4.8927)	0.1317*** (4.8024)	0.1240*** (4.5279)
MERCADO				
LOG_PRECIO_CELULOSA				1.6785 (0.7642)
LOG_PRECIO_CARNE				0.1670 (0.2907)
LOG_PRECIO_LANA				-1.2101*** (-2.9165)
LOG_PRECIO_SOJA				-0.4408 (-0.9808)
LOG_PRECIO_ARROZ				0.2842 (1.5653)
LOG_PRECIO_DAP				-0.3352 (-1.1016)
LOG_PRECIO_TSP				0.0836 (0.2871)
LOG_PRECIO_UREA				-0.2619 (-1.0612)
LOG_PRECIO_PETRÓLEO			-0.8134*** (-4.1537)	0.3374 (0.5099)
LOG_TC			-4.4691*** (-5.9763)	-2.5762 (-1.2901)
LOG_PRECIOS_INT			0.0946 (0.1817)	
Constant	7.9805*** (92.0385)	7.2877*** (32.7414)	24.2177*** (5.2666)	13.8869 (0.9615)
Observations	4718	4718	4718	4718
R-squared	0.1132	0.1353	0.1546	0.1631
R-squared-adj	0.1107	0.1316	0.1505	0.1577
Test Wald	632.3	816.4	946.0	1015
P-value	0000	0000	0000	0000

Robust t-statistics in parentheses

*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

4.1.4 Capacidad de Retención de Agua (CRA)

Los parámetros de la variable capacidad de retención de agua, se interpretan como la diferencia entre cada una de las variables correspondientes en la tabla 8 y el grupo base, que en este caso es la capacidad de retención de agua muy baja.

Los signos esperados de cada uno de los parámetros fueron los correctos. En cuanto a los efectos marginales de la capacidad de retención de agua (CRA) se encontró una diferencia significativa al 10% de 11.9% en promedio, entre los padrones con CRA baja y los que tienen CRA muy baja. El efecto marginal entre los padrones con CRA media y los padrones que tienen CRA muy baja, fue de 14.72% en promedio, significativo al 5%. Por otra parte, el efecto marginal de entre los padrones con CRA alta y los que contienen CRA muy baja, fue de 26% en promedio significativa al 1%. Por último el efecto marginal entre los padrones que contienen CRA muy alta y los que tienen CRA muy baja, fue de 239.3 % en promedio, significativo al 1%. La magnitud de dichos parámetros puede apreciarse en la tabla 8.

Encontramos que los efectos marginales de la capacidad de retención de agua son positivos, porque seguramente en periodos de sequía, este atributo hace más productivos a los suelos ya que ayuda a contrarrestar el efecto climático adverso.

4.1.5 Distancia al Centro Poblado

Los parámetros de la variable distancia al centro poblado, en este modelo se interpretan como la diferencia entre cada una de las correspondientes variables de la tabla 8 y la variable omitida, que en este caso fueron conjuntamente las variables que indican si el padrón se encuentra a un radio de 5km y 10km. Encantáramos que la magnitud de los parámetros betas, para las variables que indican si el padrón se encuentra a un radio de 20km y más de 20k fue de -0.1311 y -0.1493 respectivamente significativos al 1% y con el signo esperado correcto. Por otra parte el parámetro beta de la variable que indica si el padrón se encuentra a un radio de 15km, tuvo una magnitud de 0.0445, pero no fue significativo y no tuvo el signo esperado correcto.

Los efectos marginales (ceteris paribus) muestran que un padrón que esta a un radio de distancia al centro poblado de 20 km vale en promedio 12.28% menos, que los padrones que están en un radio de entre 5 y 10 km. Por otra parte los padrones que están en un radio de más de 20km al centro poblado valen en promedio 13.86% menos, comparados con igual base.

Este resultado muestra que a medida que aumenta la distancia al centro poblado, disminuye el valor del terreno, como esperábamos. Esto puede deberse a que los terrenos más alejados de los centros poblados, son menos productivos porque tienen mayor costo de transporte, en cuanto al abastecimiento y suministro de productos hacia los centros poblados.

4.1.6 Superficie (Hectárea)

El parámetro de la superficie del padrón resultó ser significativo al 1% y el signo resultó ser negativo. El efecto marginal de la elasticidad precio-superficie tiene una magnitud de 17%, en otras palabras, esto significa que al aumentar la superficie del padrón en 1%, el precio se reduce un 17%. Este resultado capta el efecto del tamaño del terreno, da una idea de que tiene que haber alguna especie de descuento por comprar mayor cantidad de superficie.

4.1.7 Conclusiones del Modelo Base

Encontramos que el mercado de tierras para uso agrícola en Uruguay, reconoce los atributos de la calidad del tipo de suelo, la erosión y la capacidad de retención de agua, como factores que impactan en el precio de la tierra. Estos resultados obtenidos dan lugar a la siguiente interrogante: ¿Cómo varían los parámetros de la erosión en particular, si además incluimos por otros atributos de la tierra?

El objetivo de esta pregunta es investigar la consistencia de nuestro parámetro de interés, y a su vez evitar posibles sesgos por omitir variables relevantes (Wooldridge, 2002). En la siguiente sección se presenta el nuevo modelo y se discuten los resultados obtenidos.

4.2 Segundo modelo estimado

Con respecto al modelo base, presentado en la sección anterior además decidimos incluir tres variables dummies (0/1) para indicar la localización del padrón, tres variables de tipo climático y la densidad de población según el departamento. El resultado es el siguiente modelo:

$$y = f(X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12})$$

y = Logaritmo natural del precio por hectárea

X_1 = Calidad del tipo de Suelo

X_2 = Erosión

X_3 = Capacidad de Retención de Agua

X_4 = Distancia al centro poblado

X_5 = Superficie

X_6 = Si el padrón está frente a Ruta Nacional, o no.

X_7 = Si el padrón está frente a Costa río, arroyo, etc. o no.

X_8 = Si el padrón está en zona de suelos de prioridad forestal. o no.

X_9 = Precipitaciones

X_{10} = Humadad Relativa

X_{11} = Temperatura

X_{12} = Densidad de Población

Presentado el segundo modelo los resultados de la estimación se presentan en la columna 2 de la tabla 8. Las observaciones comprenden un total de 4718 y el R^2 tiene un valor de 0.1353, explicando un 13.5 % de la variación en el logaritmo del precio por hectárea. El estadístico de Wald es igual a 816.4, que se distribuye $\chi^2(20)$ y por tanto el modelo es significativo en su conjunto al 1% de confianza. Los test para los parámetros individuales son los t-ratios robustos, corregidos por la matriz de errores heteroscedasticos consistentes de White(1980).

4.2.1 Tipo de Suelo (CONEAT)

El coeficiente del tipo se suelo (CONEAT) al incluir las nuevas variables explicativas, no tuvo cambios significativos. Por cada unidad de incremento en el índice de productividad CONEAT, el precio de la tierra aumentó un 0.29% en promedio, al 1% de significatividad de dicho parámetro.

4.2.2 Erosión.

La inclusión de nuevas variables en el modelo base, tuvo como resultados una modificación en los parámetros de la erosión, los resultados se presentan en la tabla 8.2.

El parámetro beta de la erosión ligera en el segundo modelo pasó a valer (-0.0970) esto significa que la diferencia promedio entre los padrones con erosión ligera, y los padrones que no presentan erosión, pasó a valer -9.24%. Este valor del parámetro beta de la erosión ligera comparado con el parámetro beta de la erosión ligera del modelo base, se redujo un 32 % (o sea estábamos sobre-valorando a dicho parámetro). Por otra parte el nivel de significatividad del parámetro de la erosión ligera, pasó a ser de 10% de confianza.

El parámetro beta de la erosión leve pasó a valer (-1482), la diferencia entre los padrones con erosión leve y los padrones que no presentan erosión pasó a ser un -13.77% en promedio, significativa al 5% de confianza. Este valor del parámetro beta de la erosión leve, comparado con el mismo, respecto al modelo base, se redujo un 27% (o sea que también estaba sobrevalorado).

El parámetro beta de la erosión moderada, al igual que en el modelo base, no fue significativo, no obstante su valor fue de -0.0445 y su efecto marginal de -4.33%. Dicho parámetro tuvo un incremento del 100%,

comparado con el mismo del modelo base.

Por último, el parámetro beta de la erosión severa pasó a valer -0.2227, esto implica un efecto marginal de -19.96 % en promedio al 5% de confianza, comparado con los padrones que no presentan erosión. Este parámetro tuvo un incremento del 48% comparado con el mismo, respecto del modelo base.

La inclusión de nuevas variables de control con respecto al modelo base, permitió observar una disminución del efecto marginal entre los padrones con erosión ligera y leve, comparados con los padrones que no presentan erosión. No obstante el efecto marginal de los padrones con erosión severa aumentó en relación al modelo base. Estos resultados están de acuerdo a lo que nosotros esperábamos, con la inclusión de nuevas variables en el modelo.

Tabla 8.2: Erosión.

Modelo(2)			
Fase de Erosión	Coefficiente		Efecto Marginal
LIGERA	-0.0970	10%	-9.24%
LEVE	-0.1482	5%	-13.77 %
MODERADA	-0.0445	--	-4.33%
SEVERA	-0.2227	5%	-19.96%

Fuente: elaboración propia

4.2.3 Capacidad de retención de Agua

Los parámetros betas de la variable capacidad de retención de agua, por su parte tuvieron cambios no demasiado importantes, al incluir las nuevas variables. A continuación se presentan el valor de los parámetros

estimados y sus efectos marginales.

El valor del parámetro beta de la capacidad de retención de agua baja fue de 0.1374, con un efecto marginal de 14.72% en promedio, significativo al 10% de confianza.

El valor del parámetro beta de la capacidad de retención de agua media fue de 0.1494, con un efecto marginal de 16.11% en promedio, significativo al 1% de confianza.

El valor del parámetro beta de la capacidad de retención de agua media fue de 0.2161, con un efecto marginal de 24.12% en promedio, significativo al 1% de confianza.

El valor del parámetro beta de la capacidad de retención de agua media fue de 0.7391, con un efecto marginal de 109.4% en promedio, significativo al 5% de confianza.

4.2.4 Distancia al Centro Poblado.

Los resultados obtenidos muestran que la variable distancia al centro poblado, presenta signo esperado correcto para cada una de sus categorías, y todos sus parámetros son todos significativos:

El valor del parámetro beta de la distancia al centro poblado, que indica que el padrón se encuentra en un radio de 15km fue de -0.1947, con un efecto marginal de -17.7% en promedio, significativo al 10% de confianza.

El valor del parámetro beta de la distancia al centro poblado, que indica que el padrón se encuentra en un radio de 20km fue de -0.1274, con un efecto marginal de -11.96% en promedio, significativo al 1% de confianza.

El valor del parámetro beta de la distancia al centro poblado, que indica que el padrón se encuentra en un radio de más 20km fue de -0.1002, con un efecto marginal de -9.53% en promedio, significativo al 5% de confianza.

Nota: Para los calcular efectos marginales, se toma como referencia los radios de 5Km y 10 Km juntos.

4.2.5 Superficie (Hectárea)

El coeficiente beta de la variable superficie, no tuvo grandes modificaciones en el segundo modelo, su valor fue de -0.1517, significativo al 1% de confianza, o sea que la elasticidad precio-superficie, según este resultado, muestra que para un incremento del 1% en la superficie del padrón, disminuye un 15.1% el logaritmo del precio de la hectárea.

4.2.6 Si el padrón está frente a ruta nacional.

La magnitud del parámetro beta que indica si el padrón está frente a ruta nacional fue de 0.1756, significativo al 1% de confianza. El efecto marginal o sea comparado con los padrones que no están frente a ruta nacional fue de 19.1%. O sea se paga un 19% más por aquellos campos

que son frentistas a rutas nacionales.

4.2.7 Si el padrón está frente a la costa de un río, arroyo etc.

La magnitud del parámetro beta que refiere a esta variable fue de 0.6469, significativo al 1% de confianza. El efecto marginal, por su parte, fue de 90.1%. O sea que se paga más por aquellos campos que tienen acceso al agua. Esto puede estar de acuerdo en relación, con el manejo del agua cuando se dan casos de sequía, puesto que esta ventaja aumenta la productividad de los campos.

4.2.8 Si el padrón está en zona de prioridad forestal.

La magnitud del coeficiente beta de esta variable fue de 0.1426, significativa al 1% de confianza. El efecto marginal correspondiente es de 15.32%. O sea los padrones que están en zonas de prioridad forestal, valen aproximadamente, un 15% más que otros campos fuera de dicha zona.

4.2.9 Atributos de variables climáticas.

4.2.9.1.- Precipitaciones

El parámetro beta de esta variable, fue significativo al 1% de confianza y su magnitud fue de -0.003. Puesto que esta variable se mide en milímetros, decidimos incluirla en su forma original, la interpretación

económica para dicho parámetro es una semí-elasticidad precio-precipitaciones. O sea, que para un aumento de un milímetro en las precipitaciones, el logaritmo del precio de la hectárea cae aproximadamente un 0.3%. El signo negativo de esta variable, puede significar que a medida que aumentan las precipitaciones aumente el riesgo de erosión (por la gotas de lluvia que caen en el suelo desnudo), el signo de esta variable se condice con el signo encontrado por Maddison (2002) en su trabajo.

4.2.9.2.- Humedad Relativa

El parámetro beta de esta variable fue significativo al 5% de confianza y su valor fue de 0.0052. La semi elasticidad precio-humedad relativa fue de 0.05%. Esta variable se refiere a la humedad relativa en el aire, esta característica tiene que ver con la productividad en verano de muchas plantas con origen en climas húmedos. Por tanto, el signo positivo de esta variable se condice con los resultados del Trabajo de Maddison (2002).

4.2.9.3.- Temperatura

El parámetro beta de esta variable no fue significativo estadísticamente en el modelo, no obstante su valor fue de 0.0058, presentando el signo esperado y en línea con el trabajo de Maddison (2002).

4.2.10 Densidad de población según departamento.

El parámetro beta de esta variable fue significativo al 1% de confianza, y

su valor fue de 0.1357. La elasticidad población-precio fue aproximadamente un 13.5%, esto implica que el incremento de la densidad de población de un 1% incrementa el precio de la hectárea en 13.5%.

4.2.11 Conclusiones del segundo modelo.

De los resultados del segundo modelo, con la inclusión de nuevas variables pudimos constatar la consistencia de todos los parámetros del modelo, y en particular la variable erosión fue significativa con el signo esperado correcto. No obstante, nos surge la siguiente pregunta: ¿Sí el auge 2007 y 2008 del mercado internacional, para los productos de origen agropecuario, pueden estar afectando los parámetros de la erosión?

Para contestar esta pregunta, por nuestra parte hicimos una caracterización del mercado internacional con respecto a los principales rubros de exportación del Uruguay. Como trabajamos con datos de corte transversal, pueden surgir problemas de colinealidad en la estimación, ya que los precios internacionales podrían estar correlacionados todos entre sí, por esto, nos vimos obligados a solucionar este problema por nuestra parte, fabricando una canasta con los principales rubros de exportación. Los resultados obtenidos y la forma de fabricación de dicha canasta, se presentan en la siguiente sección.

4.3 Controlando por condiciones de Mercado.

En este punto nos basamos en la tabla 5, donde se puede apreciar todos los precios internacionales considerados en este trabajo, para caracterizar las condiciones de mercado. Dichos precios, representan el precio de la carne bovina, la lana (rubros y tradicionales), el arroz y la soja (rubros agrícolas), y el precio de la pasta de celulosa, este último fue el ejido por ser un rubro nuevo y que coincide su comienzo de exportación, con el periodo de nuestro trabajo 2007 y 2008.

En principio pensamos en incluir los precios de los fertilizantes. Para ello consultamos el anuario estadístico que reporta anualmente la División de Estadísticas Agropecuarias (DIEA) del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca. Los precios de los fertilizantes considerados también se muestran en la tabla 5. Por último decidimos incluir el precio del barril de petróleo, por ser un insumo directo (como combustible para maquinarias agrícolas) e indirecto (como insumo para fertilizantes) y el tipo de cambio nominal, ya que como es sabido, los productores lo utilizan como una señal de mercado.

Luego de haber seleccionado los precios mencionados anteriormente, decidimos investigar si estaban correlacionados entre sí, y el resultado se muestra en la tabla 9.

. Tabla 9. Correlaciones de Precios Internacionales.

	CARNE	LANA	ARROZ	SOJA	CELULOSA	DAP	UREA	TSP	BPWT
CARNE	1								
LANA	0,0745985	1							
ARROZ	0,2094473	0,1201226	1						
SOJA	0,4194573	0,5100947	0,7852535	1					
CELULOSA	0,4214232	0,6744083	0,6521995	0,887497	1				
DAP	0,3819678	0,2460535	0,9352387	0,8776532	0,8191205	1			
UREA	0,6899247	0,2490552	0,764435	0,7889258	0,7736025	0,8695627	1		
TSP	0,412322	0,1372282	0,9212875	0,8427162	0,7692932	0,986744	0,8700929	1	
BPWT	0,4903894	0,5745227	0,7668139	0,9397908	0,9519445	0,8760081	0,8712173	0,8354018	1

Fuente: Elaboración propia en base, a precios presentados en el cuadro 3.

Nota: Los nombres de las variables se muestran en su forma resumida, para su correcta identificación con cada variable, conviene observar la tabla 5.

Como el lector puede observar en la tabla 9, la tabla de correlaciones cruzadas, nosotros consideramos que la correlación es muy alta si su valor sobrepasa el valor de 0.4. Por tanto, los precios de la carne, están muy correlacionados con el precio de la soja en 0.41, con el precio de la celulosa en 0.42, con el precio de la urea en 0.68, con el precio del súper fosfato triple en 0.41, y el barril de petróleo en 0.49. El precio de la lana está muy correlacionado con el precio de la soja en 0.51, con el precio de la celulosa 0.67 y con el precio del barril de petróleo. El precio del arroz se correlaciona con el precio de la soja en 0.78, con el precio de la celulosa en 0.65, con el precio del fosfato diamónico en 0.93, con el precio de la urea en 0.76, con el precio del súper fosfato triple en 0.92, y con el precio del barril de petróleo en 0.92. Constatamos que casi todos los precios internacionales están muy correlacionados, entonces para no introducir distorsiones en el parámetro estimado de la erosión, por nuestra parte decidimos fabricarnos un índice con una canasta de precios internacionales, que reflejara las condiciones del mercado internacional.

Entre los precios elegidos para construir el índice de precios internacionales se encuentran, la carne, la lana, la soja, el arroz y la pasta celulosa, cada precio fue ponderado por el peso de cada producto, en las exportaciones de ese rubro. Los pesos para estos productos, se presentan en la tabla 10, y fueron obtenidos del anuario estadístico 2009 y 2008, (ítem sector externo/sección exportaciones de productos seleccionados de origen agropecuario), de la División de Estadísticas Agropecuarias del MGAP, , para cada año según nuestro estudio. Tomamos las exportaciones de cada producto elegido, las sumamos y calculamos el porcentaje de cada rubro en ese total.

La formula utilizada para fabricar la canasta de precios es la siguiente:

$$Canasta\ de\ bienes = \sum_{bienes} precios \times pesos$$

El índice de precios internacionales queda conformado por la siguiente ecuación:

$$Indice\ de\ precios\ internacionales = \frac{Canasta\ de\ bienes_t}{Canasta\ de\ bienes_{t_{base}}} \times 100$$

Nota: El primer mes de 2007, fue elegido como periodo base para la construcción del índice de precios internacionales.

Cuadro 11 Pesos utilizados.²¹

PRODUCTOS	PESOS	
	2007	2008
SOJA	0.164	0.18
CARNE	0.42	0.4
ARROZ	0.164	0.18
LANA	0.1	0.05
CELULOSA	0.145	0.15

Fuente DIEA 2009

Los insumos por su parte, fueron incluidos en nuestro modelo por medio del precio del barril de petróleo, porque como ya lo dijimos es materia prima para fabricar fertilizantes y por otro lado es usado como combustible para transporte de bienes y maquinarias agrícolas. También se observa que el precio del barril de petróleo, está muy correlacionado con el fosfato diamónico en 0.87, con el precio del superfosfato triple en 0.83, y con el precio de la urea en 0.87, esto lo hace, una buena variable para modelar todos los precios de los insumos. A continuación presentamos los resultados obtenidos, en cuanto a los parámetros de la erosión, al incluir las condiciones de mercado en nuestro modelo econométrico.

4.3.1 El Modelo

El modelo 3 presenta la estimación del nuevo modelo que incluye las condiciones de mercado, se observa que el R^2 del modelo explica el 15.4% de la variación en el logaritmo del precio por hectárea. El valor del estadístico de Wald es de 946 que se distribuye $\chi^2(23)$, entonces se

21 Para la soja y el arroz se usó el mismo peso porque en dicho anuario el ítem se llama "productos agrícolas" y no discrimina por producto. Para la celulosa el ítem incluye la ponderación total de productos forestales, puesto que no se encuentra la participación de la pasta de celulosa en las exportaciones forestales

concluye que el modelo es significativo en su conjunto al 1% de confianza. En cuanto a los parámetros individuales del modelo, estos no sufrieron grandes modificaciones, en magnitud y es su significatividad. A continuación presentamos los valores obtenidos para los coeficientes de la erosión y las nuevas variables.

4.3.2 El Mercado internacional.

4.3.2.1.- El precio del barril de petróleo y el tipo de cambio

El coeficiente de esta variable fue significativo al 1% y presentó el signo que nosotros esperábamos. Su magnitud fue de -0.8134 , esto significa que un aumento del 1% en el precio del petróleo, disminuye el valor de la tierra en un 81%.

El coeficiente del tipo de cambio fue significativo al 1% y su signo fue el esperado, por otra parte, su magnitud fue de -4.4691 . Esto significa que si el precio del dólar disminuye en 1%, el valor de la tierra aumenta un 446%.

4.3.2.2.- Canasta de precios internacionales

El coeficiente, beta de esta variable no fue estadísticamente significativo, no obstante su magnitud fue de 0.0946 , con el signo esperado correcto. Aparentemente, este resultado indicaría que por el aumento conjunto de los precios para los rubros elegidos del 1%, el valor de la tierra aumenta

en un 10%.

4.3.3 Erosión

Al incluir las variables de mercado, los coeficientes de la variable erosión no sufrieron modificaciones importantes, los resultados se resumen en la tabla 8.3.

El parámetro beta de la erosión ligera en el tercer modelo pasó a valer -0.0949 al 10 % de confianza. Por su parte el efecto marginal para este parámetro fue en promedio de -9.05%.

El parámetro beta de la erosión Leve en el tercer modelo pasó a valer -0.1464 al 5 % de confianza. Por su parte el efecto marginal para este parámetro fue en promedio de -13.61%.

El parámetro beta de la erosión moderada en el tercer modelo pasó a valer -0.0469, no obstante el efecto marginal no fue significativo.

El parámetro beta de la erosión Severa en el tercer modelo pasó a valer 0.2274 al 5 % de confianza. Por su parte el efecto marginal para este parámetro fue en promedio de -21.61 %.

Tabla 8.3: Erosión

Modelo (3)				
Fase de Erosión	Coefficiente	Significación		Efecto Marginal
LIGERA	-0.0949	10%		-9.5%
LEVE	-0.1464	5%		-14.31%
MODERADA	-0.0469			-5.7%
SEVERA	-0.2274	5%		-21.4%

Fuente: elaboración propia

4.3.4 Conclusión sobre el modelo controlado por la condiciones de mercado internacional.

Al introducir las variables que reflejan las condiciones de mercado, no encontramos evidencias de que éstas afluyeran en la magnitud de los atributos edafológicos, en particular el atributo de la erosión. Esta es una buena señal sobre la consistencia de los coeficientes estimados de la erosión y los otros atributos edafológicos. Esto permite suponer que el Sistema de Información Geográfico, es una buena herramienta para derivar información sobre dichos atributos de la tierra.

El modelo de la columna 4 de la tabla 8, solo fue presentado para que el lector compare nuestros resultados, cuando incluimos todos los precios internacionales.

5 El Costo Económico de la Erosión.

En el presente estudio estimamos el precio implícito como un cambio porcentual en el precio por hectárea de la tierra, por cada unidad de cambio (*ceteris paribus*) en el grado de erosión (cambio de una fase de erosión a la siguiente). El segundo paso es cuantificar económicamente la tonelada de tierra perdida por erosión. Para realizar esta tarea vamos a tomar algunos supuestos simplificadores: El primero es que la densidad aparente de la tierra vale 1.6 gramos punto por centímetro cúbico (es la densidad aparente de los suelos agrícolas). El segundo supuesto es que la profundidad del Horizonte A vale 20 centímetros puesto que en promedio, es en lo que anda la profundidad de un suelo para uso agrícola en el litoral del país.

Según el trabajo de García Prechác, Durán, (1998) un cambio en la fase de erosión, significa aproximadamente el cambio de 25% en el espesor del horizonte A. Esta relación es la que se utiliza en la tabla 12 para cuantificar el valor económico de la tonelada tierra perdida por hectárea por año, según la fase de erosión. Recordamos que *ceteris paribus*, comparamos con suelos que no presentan erosión alguna.

Encontramos que en la zonas del país donde la erosión es ligera, la tonelada de tierra perdida por hectárea por año, vale 76 dólares, en promedio (*ceteris paribus*).

Adicionalmente en la zonas del país donde la erosión es leve, la tonelada de tierra perdida por hectárea por año, vale en promedio 228.36 dólares (ceteris paribus).

En las zonas donde la erosión es moderada y severa, la tonelada de tierra perdida por hectárea por año, vale en promedio 136.8 y 672 dólares respectivamente (ceteris paribus).

El resultado encontrado parece bastante razonable, puesto que a mayor intensidad del proceso erosivo, es factible que aumente el costo por hectárea de la tierra que se pierde por erosión. Esto es porque a mayor erosión, la tierra requiere más fertilizantes y materia orgánica para mantener su productividad.

Tabla 12 : Costo Económico de la Tonelada de Tierra perdida según Fase de la Erosión

Fase de Erosión	Horizonte A perdido (%)	Horizonte A (cm)	Toneladas Perdidas por Ha	Efecto Marginal (USD/HA) (%)	Costo Marginal \$/tonHaAño
LIGERA	0-25	20	500	-9.5	76
LEVE	25-50	20	1000	-14.31	228.36
MODERADA	50-75	20	1500	-5.7	136.8
SEVERA	75-100	20	2000	-21.4	672

Fuente elaboración propia 2011.

Nota 1 : Suponemos que la densidad aparente DA (g/cc) 1g/cm^3 .

Nota 2: Este resultado es obtenido para un suelo Brunosol Eutrico Típico de la Unidad Cartografía 1:1M (CRSU,1976) Los Mimbres, perfil C14-33 cuya fuente es Compendio de Suelos (2001).

(Toneladas/Ha)= DA x Horizonte A x100

(Toneladas por hectáreas perdidas) = $\Delta\%$ Horizonte A perdido (cm) x Horizonte A (cm) x DA x 100.

Costo Marginal (dólares/ton.Ha.Año) = (Toneladas por hectáreas perdidas)x (Efecto Marginal)

6 Conclusiones:

Este estudio presenta evidencia empírica que la calidad del suelo, la erosión y la capacidad de retener agua en suelo, se reflejan en el precio de la tierra para uso agropecuario.

Interesa destacar que el índice de productividad CONEAT, se mantiene vigente para explicar el valor de mercado de las tierras agrícolas, puesto que es estadísticamente significativo y con signo correcto.

En particular, los coeficientes de la variable erosión fueron significativos y con el signo correcto (excepto el que indica erosión moderada que no fue significativo). En cuanto a los efectos marginales, se encuentra que para la erosión ligera vale -9.5% , para la erosión leve 14.31% , la erosión moderada 5.7% , y la erosión severa 21.4% . El precio de la tonelada perdida por erosión ligera, por su parte, vale 76 dólares, el precio de la tonelada perdida por erosión leve vale 228.36 dólares, el precio de la erosión por tonelada perdida por erosión moderada fue de 136.8 dólares y el precio por tonelada perdida por erosión severa vale 672 dólares la tonelada de tierra perdida hectárea por año. Este resultado nos indica que el mercado de tierras para uso agrícola nacional, reconoce el impacto de los atributos de la tierra como las señales de mercado, en particular la erosión, o sea que el comprador y el vendedor están bien informados.

El modelo semi-logarítmico de precios hedónicos fue estadísticamente significativo, no obstante el R^2 fue relativamente bajo (0.1546 en el tercer modelo), esto puede explicarse por la gran variabilidad que existe en el mercado de tierras agrícolas en Uruguay.

Las variables de localización fueron todas significativas, y en particular nos interesa destacar que los padrones en las zonas de prioridad forestal velen en promedio 14.65% más comparado con los que están fuera de las zonas de prioridad forestal.

La variable climáticas precipitaciones y humedad relativa del aire fueron significativas y con signo correcto, y están en línea con el trabajo de Madison (2000).

En cuanto a las condiciones de mercado encontramos que el precio del barril de petróleo west texas, está correlacionado negativamente con el precio de la tierra en forma significativa.

En cuanto, a la valoración ambiental concluimos que es una herramienta indispensable, para el diseño de políticas ambientales.

La contribución de este trabajo, fue presentar el Sistema de Información Geográfico (SIG) para derivar las variables edafológicas como ser la erosión al nivel de los padrones individuales, que de otra forma no hubiese sido posible obtener dicha información. En posteriores estudios hedónicos sobre el costo de la erosión, es necesario estimar el costo marginal social de la erosión. Esto requiere más información referente a los compradores y vendedores de tierra. Por otra parte también es necesario que haya información cuantitativa sobre la erosión potencial al nivel de padrón individual.

7 Bibliografía:

- Comisión Nacional de Estudio Agroeconómico de la Tierra, Índices de Productividad Grupos de Suelos CONEAT (1979), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.
- C.O.N.E.A.T., Digital. Proyecto de Manejo de los Recursos Naturales y Desarrollo de Riego (PRENADER) y la oficina de Sistema de Información Geográfico (SIG) web: <<http://www.prenader.gub.uy/coneat> > accedido (2011).
- Compendio Actualizado de Información sobre Suelos del Uruguay. División Suelos y Aguas Dirección General de Recursos Naturales Renovables MGAP,(2002). Disponible en la web: <<http://www.cebra.com.uy/renare/compendio-de-suelos-del-uruguay-gratis-y-por-internet/>> accedido (2011).
- Durán Artigas. y García Préchac, Fernando. Suelos del Uruguay. Origen, Clasificación, Manejo y Conservación. Ed. Hemisferio Sur. 2007.
- Durán Artigas, y García Prechác, Fernando. (1998): "Propuesta de estimación del impacto de la erosión sobre la productividad del suelo en Uruguay". AGROCIENCIA (Revista de la FA -UDELAR) Montevideo Uruguay N° :1 , VOL.II, pp 26-36.
- Hodgson, J Soil Sampling and Soil description. Oxford University Press (1987).
- Lanfranco,Bruno . Incidencia del C.O.N.E.A.T. y otros factores de calidad en el precio de la tierra. AGROCIENCIA julio- diciembre 2010 (Revista de la FA -UDELAR) Montevideo Uruguay, N°:2, VOL 14 pp

89-102.

- Miranowski, J y Hammes, B (1984) Implicit Prices of Soil Characteristics for Farmland in Iowa . Journal of Agricultural Economics. Vol. 66, N° 5, pp 745-749.
- King, D y Sinden, A (1988) Influence of Soil Conservation on Farm Land Values , Land Economics, N° 3, Vol 64, pp 242-255.
- Palmquist, Raymon B. Land as a Differentiated Factor of Production: A Hedonic Model and Its Implication for Welfare Measurement.
- Palmquist, Raymon B y Leon E. Danielson (1989) A Hedonic Study of the Effects of Erosion Control and Drainage on Farmland Values. Journal of Agricultural Economics. Vol.71, N° 1, pp 55-62.
- Palmquist, Raymon B. Property value models: Handbook of environmental Economics, 2005, Press Elsevier.
- Petraglia, Cecilia . Aportes a la caracterización de la aptitud pastoril de los suelos del Uruguay Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, Dirección de Recursos Naturales Renovables (2003).
- Piriz, Juan Carlos (1987) Valores venales de la tierra: Aproximación a sus variables explicativas MGAP/DGRNR, CONEAT Montevideo-Uruguay.
- Rosen , S (1974) Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in perfect competition. Journal of Political Economic , 34-55.
- Tukey, J. W. 1977. Exploratory Data Analysis. Reading, MA. Addison-Wesley Publishing Company.
- Uruguay. MGAP/DSF. Carta de Reconocimiento de Suelos del Uruguay, Tomo III, Clasificación de Suelos. Montevideo, 1979.
- Uruguay. Ministerio de Vivienda Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, DINAMA, Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, RENARE: Plan de Acción Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía ,2005.
- Uruguay. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca, División Suelos y Aguas, Dirección General de Recursos Naturales Renovables. Agua Disponible de la Tierras del Uruguay 2001.
- Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) . Caracterización Agroclimática del Uruguay 1980-2009. Publicación preliminar, disponible en la web:
< http://www.inia.org.uy/gras/agroclima/cara_agro/index.html>
accedido en 2011.

White Halbert. "A Heterocedasti-Consistence Covariance Matrix Estimator and a Direct Test for Heterocedasticity" *Econometrica*. 48.1980. pp 817-838.

Wooldridge, J (2002) *Introductory Econometrics. A modern Approach*, 3th Edition, South-Western College Publishing, Australia.

Wooldridge, J (2002) *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*, MIT Press, Cambridge, Massachusetts.

Apéndice A1: estimación del índice de productividad del suelo CONEAT

A continuación se presenta una descripción resumida de la construcción del índice CONEAT. La misma está basada en García Prechác y Durán (2007) a donde referimos al lector interesado por más detalles.

La clasificación de suelos por Grupos CONEAT, tiene sus orígenes en la década de 1970 con la creación de la Comisión Nacional de Estudios Agroeconómicos de la Tierra (CONEAT), por el decreto 368/968 y la ley 13.965. El objetivo detrás de la creación de esta comisión era el de crear un impuesto a la productividad de la tierra. A su vez, uno de sus cometidos, fue conocer la aptitud productiva de la tierra, para políticas de planificación de uso y manejo del suelo. El producto de la CONEAT fue la construcción del índice de productividad (IP) y la clasificación de todos los suelos del país de acuerdo a este índice.

Como primer paso para la construcción del índice de productividad, la CONEAT necesitó recabar información o estimar el stock de ganado bovino y ovino y la producción de carne y lana a nivel Sector Censal (actualmente “Área de Enumeración”). El stock animal y la producción de lana se obtuvieron del censo agropecuario de 1970. La producción anual de carne se obtuvo de los datos recabados por el Banco Central. Para estimar la producción animal también se utilizó también información de la época sobre la calidad y distribución estacional del forraje, y la fertilidad del suelo.

Al disponer de datos sobre producción de carne a nivel nacional, fue necesario estimar la producción a nivel de sector censal. Para estimar la producción de carne vacuna, se utilizó la información sobre el stock bovino por hectárea y se calculó una relación novillo-vaca de cría, para tres situaciones: un campo de invernada, un campo criador y para la media del país. (El campo de invernada es el más productivo. En promedio en este tipo de campo se obtiene mayor producción de carne por unidad de forraje. Para estos campos se calculó la relación novillo/vaca de cría más alta, el campo es más productivo. El campo criador, por su parte, tiene una relación novillo / vaca de cría más baja. Según la relación novillo/vaca promedio del país, la producción física era de 91,027 kg por unidad adulta bovina.

Para calcular la producción de carne ovina a nivel de sector censal se utilizó el stock de ovejas por hectárea y una relación vaca/lanar. Los campos más pobres son los que tienen una relación vaca/lanar baja, y por tanto, mayor producción de carne ovina en términos de unidades bovinas adultas. Se estimó la producción de carne ovina, para el caso extremo de solo lanares, para una relación baja de vaca/lanar, y para la media del país. La producción de carne ovina se expresa en términos de carne bovina adulta para expresar la producción en una sola unidad, para esto se utilizó la relación acordada por CONEAT, que para la época en promedio 36,522kg de carne ovina (6 lanares) equivalen a una unidad adulta bovina.

En cuanto la producción de lana, CONEAT también la expresó en términos de carne vacuna. Para ello se partió de que la producción física de 6 lanares adultos equivalen a la producción física de una unidad adulta bovina, mencionada anteriormente.

Por otra parte se considero que en el país para la época, un lanar adulto producía 3,6683 kg de lana que multiplicado por 6, les daba 22,0098 Kg equivalentes a una unidad adulta bovina. Con lo cual la producción física de 6 lanares, era 36,522kg de carne y 22,0098 kg de lana.

Comparando con la carne bovina y la carne lanar llegaban a la siguiente relación :

36,522kg de carne ovina + 22,0098 kg de lana = 91,027kg de carne vacuna.

Como forma de expresar los kilo gramos de lana en términos de kilo gramos de carne vacuna equivalente se cálculo la diferencia $91,027\text{kg} - 36,522\text{kg} = 54,505$ kg carne- lana equivalente.

Según estas relaciones encontraron que:

$$22,098\text{kg lana} = 54,505 \text{ carne}$$

$$1 \text{ kg lana} = 2,4763 \text{ kg de carne}$$

Finalmente, se sumaron los tres tipos de producciones en expresados en kilogramos de carne, obteniéndose así la productividad de cada sector censal o área de enumeración. Con la información disponible en CONEAT sobre el área ocupada por cada grupo de suelo, el stock de animales y su composición, por diferentes métodos se determinó la productividad por cada grupo de suelo en término de carne equivalente.

Apéndice A2: Categorías de agua potencialmente disponible en el suelo

Cuadro 3: Agua potencialmente disponible en Suelo

Clase	Caracterización del Agua Disponible, según Unidades cartográficas.
MUY BAJA	” Las U.C. que pertenecen a la Clase Muy Baja están fundamentalmente constituidas por suelos muy superficiales (Litosoles) derivados de rocas basálticas o sedimentarias (areniscas) a veces silicatadas, difícilmente edafizables, con áreas de afloramientos y pedregosidad asociadas. Consecuentemente con una muy baja capacidad para retener agua en forma disponible”.
BAJA	“Las pertenecientes a la Clase Baja presentan suelos con características y orígenes similares (varias son derivadas de rocas basálticas) o bien fueron formados a partir de rocas ígneas y metamórficas relativamente ácidas, también parcialmente edafizables en clima templado, con áreas de afloramientos y pedregosidad asociada aunque en menor proporción al primer grupo y un caso además está significativamente afectado por erosión). Otras U.C. pertenecientes a esta Clase, originadas de rocas sedimentarias y con perfiles relativamente profundos presentan limitaciones al crecimiento radicular por haber evolucionado en un ambiente halomórfico y por ende tampoco poseen propiedades favorables para almacenar agua en forma disponible. En general muchas U.C. agrupadas en esta Clase tienen suelos de escaso desarrollo (Litosoles e Inceptisoles) pero además poseen un mayor porcentaje de Suelos Dominantes u Asociados pertenecientes a los Ordenes Melánico (Brunosoles moderadamente profundos) y Saturados Lixiviados (Planosoles y Argisoles)”.
MEDIA	“Dentro de la Clase Media los orígenes y los suelos que las componen son muy diversos. Pero existe una significativa proporción de U.C. formadas a partir de materiales sedimentarios respecto a aquellas clasificadas en las Clases Baja y Muy Baja. Como consecuencia, en general poseen una menor rocosidad y pedregosidad asociadas; los perfiles son relativamente más profundos y las clases texturales poseen mayor proporción de Limo u Arcilla (fracciones que favorecen el almacenamiento de agua). Algunas de ellas por sus propiedades más favorables para el desarrollo y crecimiento de cultivos o por estar muy próximas a Montevideo tienen una larga historia agrícola y presentan un grado de erosión significativo que atenta contra las posibilidades de almacenar agua en forma disponible(Ej Unidad Toledo). Otras, si bien están constituidas por perfiles relativamente profundos poseen texturas donde predomina la fracción arena y ésta composición no es la más favorable para retener agua por unidad de volumen. Si el espesor de sus horizontes fuese mayor se podrían compensar los efectos de tal propiedad. Algunas de ellas inclusive también tienen grados de erosión y/o rocosidad y pedregosidad asociada”.
ALTA	“Las U.C. agrupadas en la Clase de Alto potencial de agua disponible son esencialmente derivadas de sedimentos. Como consecuencia salvo algunas excepciones carecen de características asociadas (rocosidad, pedregosidad, etc.) que limiten significativamente el potencial para retener agua en forma disponible. Los perfiles de suelo que constituyen las U.C. mayoritariamente pertenecen al Orden de Suelos Melánicos (Brunosoles y Vertisoles) con espesores profundos y texturas “medias” y “pesadas” (abundancia de limo y arcilla). En otras, los suelos son muy profundos y domina la arena (Orden Desaturados Lixiviados - Luvisoles y Acrisoles; o bien Poco Desarrollados - exclusivamente: Arenosoles). Además habría también otro grupo de U.C. donde los suelos que las integran son esencialmente Argisoles y Planosoles (Orden Saturados Lixiviados) asociados a Gleysoles (Orden e Suelos Hidromórficos)”.
MUY ALTA	“Finalmente, en las U.C. que constituyen la clase de mayor potencial para retener agua disponible (Muy alta) los materiales generadores de los suelos que la componen son: muy arenosos y profundamente edafizables y dan lugar a suelos con una profundidad efectiva de arraigamiento muy profunda o bien sedimentos aluviales sobre los que se han formado suelos hidromórficos, inclusive con vegetación especialmente adaptada a ese medio y suelos poco desarrollados como Fluvisoles y Arenosoles en menor proporción”.

Fuente: División de Suelos y Aguas ya mencionado (J.H. Molfino; A. Califra, 2001).