

# VALORACIÓN HEDÓNICA DE LOS DAÑOS OCASIONADOS POR LA ELEVACIÓN DE LA CAPA FREÁTICA EN BUENOS AIRES

**María Valeria Mendoza - Graciela Elena Fasciolo**

Instituto Nacional del Agua – Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua

Belgrano 210 (Oeste) - 5500 - Mendoza. TeleFax: 54 - 261 - 4287921

Email: mmendoza@fcmail.uncu.edu.ar

Palabras claves: Economía Ambiental - Impactos ambientales - Precios Hedónicos

## RESUMEN

El problema del incremento de la freática está presente en distintas regiones del país ocasionando serios y significativos inconvenientes económicos y sociales: afloramiento de agua y terrenos inundados, pérdida de forestación, destrucción de pavimentos e infraestructura, problemas de fundaciones en diversos tipo de estructuras, revenimiento de pozos sépticos, etc. El conurbano bonaerense no escapa a la realidad de este problema siendo el Partido de Lomas de Zamora uno de los más afectados; su problemática se ve agravada por el hecho de ser una zona netamente urbana donde existe un déficit en la provisión de los servicios de saneamiento básico.

El objetivo de este trabajo es estimar los costos (impactos ambientales negativos) que ha sufrido la población residencial de Lomas de Zamora debido al ascenso de los niveles freáticos - información básica que podrá ser utilizada en la definición de propuestas de solución -. Se utilizó el método de los **Precios Hedónicos**.

La vivienda está formada por un conjunto de características de forma que, cuando un individuo realiza la elección de su vivienda, también realiza una elección implícita de cada una de ellas. Es así como el mercado inmobiliario opera, de una manera implícita, como un mercado de “nivel freático”.

El precio de las viviendas se modela como una función de las características estructurales (superficie del terreno, superficie cubierta, etc.), de la infraestructura (agua potable, etc.), del vecindario y de variables ambientales (únicamente se consideró la profundidad de la freática). Se utilizó una muestra (aleatoria estratificada no proporcional) de 240 viviendas en venta obtenidas de un Portal de Inmobiliarias (Internet). La función exponencial linealizada LogLin es la que mejor ajustó a los datos muestrales utilizando los estimadores del método Mínimos Cuadrados Ordinarios. La variable “*Freática*”, profundidad de la capa freática, afecta positivamente la valoración de los inmuebles, siendo significativa para un nivel de confianza mayor al 99%: una vivienda ubicada en una zona donde la freática se encuentra a 2m de profundidad vale, aproximadamente, un 14% más con respecto a otra de similares características con una freática 1m más alta.

## INTRODUCCIÓN

El problema del incremento de la napa freática está presente en distintas regiones del país. No obstante se continúa discutiendo, en algunos casos, los orígenes del fenómeno, las consecuencias de éste son significativamente relevantes ocasionando serios inconvenientes económicos y sociales.

El conurbano bonaerense - Partido de Lomas de Zamora, en particular - es una de las regiones que más ha sufrido esta situación cuya problemática se ve agravada por el hecho de ser una zona netamente urbana<sup>1</sup>.

Si bien se han detectado los problemas ocasionados por la elevación de los niveles freáticos<sup>2</sup>, se requiere contar con una estimación del valor que la población le asigna a los costos o perjuicios ocasionados por este empeoramiento en la calidad del medio ambiente para realizar una correcta evaluación económica de proyectos<sup>3</sup>. Esta cuantificación es una tarea difícil porque dicha calidad no tiene un mercado en el cual se le asigne un precio. No obstante, algún tipo de valoración es posible existiendo distintos métodos propuestos por la Economía Ambiental:

- Costos Evitados
- Precios Hedónicos
- Costos de Viaje
- Valoración Contingente

Cada una de estas metodologías tiene una franja de posibles aplicaciones existiendo ventajas y limitaciones para su uso. La elección de uno u otro depende de la naturaleza del problema, de la disponibilidad de información y de las restricciones presupuestarias para realizar la valoración.

En este caso particular, a pesar de ser **Valoración Contingente** uno de los métodos más recomendados, se utilizó otra alternativa de valoración acorde con las restricciones impuestas por las condiciones macroeconómicas y político-sociales de la Argentina en el 2002.

### Objetivo del Trabajo

Se preparó este trabajo con el objeto de estimar los costos (impactos ambientales negativos) que ha sufrido la población residencial de Lomas de Zamora debido al ascenso de los niveles freáticos - información básica que podrá ser utilizada en la definición de propuestas de solución -. En este

---

<sup>1</sup> La población afectada, según datos estimados, supera los 600.000 hab.; esta situación se torna más acuciante si se considera que la tasa de crecimiento poblacional alcanzó el 9% en los últimos años (1991 - 2001). Agravando aún más la situación, existe un déficit en la provisión de los servicios de saneamiento básico ya que la cobertura de agua potable es del 82% mientras que los servicios de cloacas son provistos únicamente al 33% de la población del Partido de Lomas de Zamora.

<sup>2</sup> En una breve síntesis, los problemas detectados por este fenómeno son los siguientes:

- Afloramiento de agua en zonas bajas e, incluso, terrenos inundados.
- Anaerobiosis (pérdida de forestación).
- Destrucción de pavimentos e infraestructura.
- Problemas de fundaciones en diversos tipo de estructuras.
- Inundación de sótanos, aún en zonas altas.
- Revenimiento de pozos ciegos.
- Vuelco de aguas servidas.

<sup>3</sup> Se hace referencia a la evaluación económica desde el punto de vista social: compara los costos con los beneficios económicos que éstos generan para así decidir sobre la conveniencia de llevarlos a cabo. Es decir, la medida en que el sacrificio económico derivado de la ejecución y operación es compensado por los beneficios que la comunidad, como un todo, percibirá.

caso se estimará la importancia relativa de los niveles freáticos en el precio de las viviendas utilizando el método de los **Precios Hedónicos**.

### **Antecedentes Metodológicos**

El instrumental de valoración de impactos ambientales, a nivel general de Economía Ambiental, está ampliamente difundido en la literatura económica:

- Análisis crítico de distintos aspectos de la evaluación de proyectos (Arrillaga, H. 1997) y lineamientos para el tratamiento de problemas ambientales (Markandya, A. 1991); y
- Teoría y aplicación de los distintos métodos para valorar la calidad ambiental. Al respecto existe mucha bibliografía (Ardila, S. 1993; Azqueta Oyarzun, D. 1994; Mendoza, M.V. y A.A. Llop, 1995; Roger, P., B. Ramesh and A. Huber, 1998; Caballer, B. 1998; Banco Mundial, 1998; Fasciolo, G.E. 2000; Universidad de Alcalá de Henares, 2002) y disponibilidad por Internet (Mathews, O. P., D. C. Brookshire, and M. E. Campana, 2000; King, D. M., M. Mazzota y K. J. Markowitz, 2002) enfocada, fundamentalmente, a desarrollar conceptos teóricos y algunas propuestas metodológicas.

A pesar de ello, son escasas las referencias de alcance nacional en donde se observa la aplicación y adaptación de las metodologías de valoración a casos concretos.

A continuación se presenta una breve síntesis de los métodos de valoración económica propuestos en la bibliografía y los antecedentes de su utilización en Argentina. Cada uno de ellos tiene una franja de posibles aplicaciones existiendo ventajas y limitaciones para su uso. Hussain, J., L. Raschid, M. A. Hanjra, F. Marikar and W. Van der Hoek (2002), en una revisión de resultados y metodologías utilizadas para valorar impactos de uso de aguas servidas en agricultura, comentan estas técnicas y realizan un cuadro comparativo para la aplicación de las mismas.

**Métodos Indirectos.** Analizan la conducta de la persona y, a partir de la observación de mercados verdaderos, se trata de inferir la valoración implícita que se le otorga al bien objeto de estudio. Ellos son:

- **Costos Evitados o Inducidos.** El aumento de los niveles freáticos se relaciona con bienes privados que sí tienen un mercado. Estudiando el comportamiento de estos últimos se puede estimar el costo inducido o provocado por el deterioro ambiental. Existe bibliografía nacional que documenta el empleo de este método, para contaminación del aire, en la forma de “costos evitados en salud” (Conte Grand, M. 1997; Barrera D., M. Conte Grand y F. Gaioli, 1999). A nivel local (Mendoza), desarrollada en el Instituto Nacional del Agua - Centro de Economía, Legislación y Administración del Agua (INA - CELA), existen antecedentes de su aplicación sobre recursos hídricos: valor (en término de costos) de las “aguas claras” producidas por las grandes presas en el Sur Mendocino (Llop, A.A. 1995a) y Dique Potrerillos (Llop, A.A. 1995b); evaluación de impacto ambiental del reuso de efluentes para riego (Fasciolo, G.E., R. Gabrielli, M.V. Mendoza y O.E. Zoia, 1994); valor (en términos negativos) de la contaminación de un acuífero (Fasciolo, G.E. 2002).
- **Precios hedónicos.** La idea subyacente a este método es que, en el precio de una vivienda, está implícito el precio de cada uno de sus atributos (características de construcción y del entorno en el que está ubicada). De este modo, por ejemplo, dos casas idénticas, pero ubicadas en zonas con distinta profundidad de la freática tienen, presumiblemente, precios distintos: la diferencia en el precio de la vivienda se considera el precio implícito o valor de esta variable. Es así como el mercado inmobiliario opera, de una manera implícita, como un mercado de calidad ambiental. Los antecedentes argentinos recopilados versan sobre distintas temáticas: espacios verdes (Gómez Mera, M.L. 1998), contaminación del aire (Angeletti, K. 2000; Conte Grand, M. 2001),

valor de la reducción de zonas inundables (Banco Mundial, 1995), servicio cloacal (Zoia, O.E. y otros, 1994; Mendoza, M.V. y G. Fasciolo, 2003).

- **Costos de Viaje.** En general, uno no debe pagar por disfrutar de la naturaleza, es decir, no existe un mercado para las áreas recreativas. No obstante ello, la persona sí incurre en costos para poder gozar de los beneficios: costos de viaje (también llamados costos de transporte). Este método se basa en la premisa de que el tiempo y los gastos de viaje en que incurren las personas para visitar un sitio representan el precio por acceder al mismo. Cabe mencionar que, además de no ser un método aplicable en este caso, es uno de los menos desarrollados y hay pocos antecedentes locales sobre su adecuación y aplicación (Mendoza, M. V. 2002; Comellas, E. 2003).

**Método Directo.** La **Valoración Contingente** trata de inferir directamente el valor que la gente le asigna a la calidad ambiental. Si bien la técnica aparece como un fácil proceso meramente indagatorio (se utilizan encuestas de “disposición a pagar”) ésta debe ser programada de modo tal de eliminar la sobrevaloración porque la condición indispensable para la confiabilidad de los datos relevados es que el interrogatorio sea de carácter no vinculante (la persona no se obliga al pago). Existen antecedentes nacionales de valoración contingente aplicada a recursos hídricos: valor de la reducción del riesgo de inundaciones (Banco Mundial, 1995); evaluación de proyectos cloacales (Banco Mundial, 1995; Llop, A. y otros, 2003). Asimismo, en Mendoza se realizó una experiencia piloto para valorar beneficios de un proyecto de recreación (parque) mediante encuestas telefónicas (Gallego, A. 1999).

## Estructura del Trabajo

El trabajo se organiza en cuatro capítulos:

- En el primero se realiza un breve repaso de la metodología que se va a utilizar.
- En el segundo se describen las características de la base de datos utilizada.
- En el tercero se presentan las estimaciones realizadas de la función hedónica.
- Finalmente, en el cuarto y último capítulo se resumen las principales conclusiones.

## METODOLOGÍA DE VALORACIÓN HEDÓNICA<sup>4</sup>

Para alcanzar el objetivo propuesto es necesario saber cómo se comportan los consumidores frente a la variable profundidad de la freática; es decir, se necesita conocer la función de demanda por este bien. Conseguir esta información puede parecer, en principio, imposible ya que no hay un mercado donde se obtengan datos sobre las preferencias de los consumidores. Sin embargo, si bien es una tarea complicada, en este trabajo se tratará de predecir este comportamiento a través de datos de otros mercados.

La vivienda está formada por un conjunto de características (metros cuadrados de terreno, superficie cubierta y no cubierta, entorno medio ambiental, etc.) de forma que, cuando un individuo realiza la elección de su vivienda, también realiza una elección implícita de cada una de las características que la componen.

---

<sup>4</sup> Esta técnica, introducida en la década de los '70 por Griliches (1971) y Rosen (1974), se aplicó, en su inicio, a la valorización de las distintas particularidades de los autos (bien heterogéneo que no sólo satisface la necesidad de transportar a las personas): el precio de los automóviles refleja la totalidad de las características del mismo (transporte, confort, gasto de combustible, etc.).

En otras palabras, dos casas idénticas pero ubicadas en zonas con distinta profundidad de la freática tienen, presumiblemente, precios distintos: la diferencia en el precio de la vivienda se considera el precio implícito o valor de esta variable. Es así como el mercado inmobiliario opera, de una manera implícita, como un mercado de calidad ambiental.

En este sentido se plantea el modelo de que el precio de la vivienda es función de sus características:

$$P = f(S, N, F, X) \quad (1)$$

donde: P es el precio del inmueble

S es el vector de características estructurales (metros cuadrados de terreno, superficie cubierta y no cubierta, cochera, cloaca, etc.)

N es el vector de características del vecindario (escuelas en la proximidad, cercanía a la estación del tren, tasa de criminalidad, etc.)

F es la variable que indica la profundidad de la freática

X es el vector de otras características ambientales del entorno (plazas y espacios verdes en la proximidad)

Luego, de esa función hedónica estimada, su derivada parcial con respecto a la variable “profundidad de la freática” indicará la disposición marginal a pagar para que el nivel freático esté 1m. más profundo, es decir, su precio implícito.

Para esta valoración hedónica de los costos (impactos ambientales negativos) que ha sufrido la población residencial de Lomas de Zamora debido al ascenso de los niveles freáticos se desarrollaron las siguientes actividades:

1. Recopilación de la información para la Base de Datos.
2. Validación de las variables explicativas del precio a través de entrevistas a informantes calificados y recorrido por la zona.
3. Análisis exploratorio de la relación existente entre el precio y las distintas variables explicativas.
4. Matriz de correlación. Definición de las variables que se incluirán en la ecuación hedónica.
5. Especificación, estimación y verificación de la función hedónica.
6. Valoración de los costos debido al ascenso de los niveles freáticos.

## LA BASE DE DATOS

La estimación de los parámetros de la ecuación (1) se realizó a través de un análisis diagonal (“cross section”) en el que se estudiaron, para un conjunto determinado de viviendas, en un instante en el tiempo, sus precios y características.

Dado que, luego de revisar la información sobre precios y características estructurales de los inmuebles utilizando los diarios de gran circulación (Diario Clarín y La Nación), los datos publicados eran poco homogéneos y sólo aparecían unas pocas variables en cada aviso clasificado (ello por cuestiones de espacio), se buscó información por Internet.

Existen numerosos sistemas inmobiliarios en la Argentina, muchos de los cuales abarcan la Capital Federal. Se trabajó con el Portal de TopInmobiliaria (abarca más de 30 inmobiliarias de la zona) siendo, de este modo, las viviendas ofrecidas en venta en dicha Página Web la población de inferencia de este estudio. Se tomó una muestra de 240 observaciones de:

- **Casas.** Se trabajó únicamente con este tipo de inmuebles (se excluyeron los departamentos y loft).

- **En venta.** Se tomó en cuenta únicamente esta operación (excluyéndose el alquiler) dado que es de más largo plazo y, por ende, lleva a una decisión que implica tomar más en consideración el tipo de inmueble y su entorno. En otras palabras, es más fácil y menos costoso (el “precio del error” es menor) cambiar de inmueble cuando éste es alquilado que cuando uno es propietario por lo que las decisiones de compra-venta son, generalmente, óptimas y no meramente satisfactorias.
- **En la Zona Central.** Se eligió, dado que paralelamente se iban localizando las propiedades en el plano, ubicaciones correspondientes a esta zona de modo de mantener homogénea, aproximadamente, la variación (y sus causales) en los niveles freáticos.
- **Durante la segunda quincena del mes de diciembre del 2002.**

Esta selección se realizó mediante un muestreo aleatorio estratificado del siguiente modo:

  1. Se dividió la población objeto de estudio en subpoblaciones o estratos según la división política del Partido de Lomas de Zamora (Banfield Este, Banfield Oeste, Lomas de Zamora Este, Lomas de Zamora Oeste, Temperley Este y Temperley Oeste).
  2. Dentro de cada estrato se seleccionó una muestra aleatoria de las 40 primeras casas<sup>5</sup> que cumplieran con los siguientes requisitos:
    - no presentaban incongruencias como nombres de calle que no pertenecían a la zona;
    - no le faltaban datos claves como, por ejemplo, superficie del terreno, superficie cubierta y estado; de este modo se contaría con una Base de Datos completa y precisa que permitiría un buen análisis de la información.
    - estaban localizadas en la Zona Central.

## Recopilación de la información para la Base de Datos

Los datos requeridos para estimar la ecuación hedónica, de acuerdo a la ecuación (1), eran:

- **Variable explicada:** se consideró el precio pedido<sup>6</sup> (expresado en dólares o pesos); se transformó esta información a una misma unidad de medida (\$) tomando la cotización 1US\$ = \$3.
- **Variables explicativas:** corresponden a las características que afectan el precio de venta. La Tabla 1 muestra un resumen de las variables relevadas.

Tabla 1: Variables Relevadas

Variable	Detalle
<b>PPesos</b>	Precio de venta publicado en el Portal de TopInmobiliario (pesos)

<sup>5</sup> En términos más rigurosos, el muestreo fue estratificado sistemático pero debido a que las viviendas estaban distribuidas en forma aleatoria dentro del conjunto de propiedades a la venta publicadas en el Portal TopInmobiliario (la búsqueda no fue ordenada bajo algún criterio: localización, precio, moneda, etc.) se consideró que el muestreo sistemático produjo una muestra aleatoria, es decir, cada vivienda en venta publicada por alguna de las inmobiliarias asociadas al Portal tenía igual probabilidad de presentarse entre las primeras.

<sup>6</sup> Se trata de precio de cotización o precio pedido; no corresponde a efectivamente pagado. Esto es equivalente a suponer que los agentes del mercado no pueden influir en el precio de la vivienda sino que, por el contrario, lo toman como un dato. Si bien éste es un supuesto fuerte, por Internet no se puede obtener el precio de transacción debido a que, una vez realizada la operación de compra-venta, el inmueble se da de baja del sistema.

<b>Terreno</b>	Superficie del terreno
<b>Cubierta</b>	Superficie cubierta
<b>Años</b>	Antigüedad de la vivienda
<b>Estado</b>	Variable categórica ordinal que indica el estado de conservación de la propiedad
<b>Cochera</b>	Variable dummy que indica si la vivienda posee cochera sin importar la cantidad

Tabla 1: Variables Relevadas (cont.)

<b>Variable</b>	<b>Detalle</b>
<b>Dormi</b>	Cantidad de dormitorios
<b>AC</b>	Variable dummy que indica si la vivienda posee agua caliente
<b>Calor</b>	Variable dummy que indica si la vivienda posee algún sistema de calefacción
<b>AA</b>	Variable dummy que indica si la vivienda posee aire acondicionado
<b>Pileta</b>	Variable dummy que indica la existencia de pileta
<b>Agua</b>	Variable dummy que indica si la vivienda tiene agua potable
<b>Cloaca</b>	Variable dummy que indica si la vivienda cuenta con servicio cloacal
<b>DTren</b>	Distancia a la estación de tren más próxima
<b>Barrio</b>	Variable categórica ordinal que indica las características del barrio y su entorno
<b>Freática</b>	Profundidad de la napa freática

Se las agrupó en:

- **Estructurales.** No obstante las características publicadas eran varias no se tomó un número demasiado grande<sup>7</sup> seleccionándose aquéllas que, siendo a juicio propio las más importantes, estaban mejor definidas. Ellas fueron: superficie del terreno; superficie cubierta; antigüedad (expresada en número de años de construcción); estado; número de dormitorios; existencia de cochera, agua caliente, calefacción, aire acondicionado y pileta de natación.

<sup>7</sup> Es importante recordar que estas características suelen estar relacionadas entre sí generando problemas de multicolinealidad, Así mismo se ha demostrado que la multiplicación de variables no mejora sensiblemente el poder explicativo del modelo; es decir, existe un muy pequeño efecto sobre los coeficientes estimados de las variables claves si se dejan afuera variables poco importantes.

En este punto se debe aclarar que algunas de estas características de los inmuebles fueron de elaboración propia (a partir de la información publicada en el Portal de TopInmobiliario) a fin de correr la regresión de precios hedónicos:

- El “Estado “ de la vivienda es una variable cualitativa que fue transformada en una variable categórica ordinal correspondiendo, por tanto, un mayor valor cuando la vivienda estaba en excelentes condiciones que cuando había que refaccionar (5 y 0 respectivamente).
- Se observó que algunos inmuebles publicaban la capacidad de su garage o número de cocheras pero una cantidad considerable de éstos (cerca del 50%) sólo informaba “garage múltiple” o “cochera para varios autos”. En virtud de que si se trabajaba con la variable cuantitativa discreta se perdían muchas observaciones, se decidió crear una variable dummy “Cochera” que indicaba si la vivienda tenía o no garage, sin importar el número de plazas de automóviles.
- Si bien todas las viviendas informaban sobre la existencia de agua caliente, calefacción y aire acondicionado y el tipo de estas características (calefón, termotanque u otro para el agua caliente; estufas, radiadores, calefacción central por aire u otro para la calefacción; equipo individual o central para el aire acondicionado), es muy difícil clasificar y ordenar esta información<sup>8</sup>. Por esta razón se crearon 3 variables dummies y se transformó la información relevada: “Agua Caliente”, “Calefacción” y “Aire Acondicionado” de manera que el valor 1 indica las opciones más deseables, es decir, tiene agua caliente, calefacción y aire acondicionado cualquiera sea el modo.
- Se incluyó la variable “DTren” para capturar el “efecto transporte” en el sentido de que vivir cerca del tren permite movilizarse más fácil y rápidamente. Este dato no figuraba entre las características publicadas en el Portal por lo que, una vez localizada la propiedad en el plano, se identificó la estación de tren más cercana (Estación Banfield, Estación Lomas de Zamora o Estación Temperley) y se contó el número de cuadras desde el inmueble en cuestión hasta la misma.
- **Vecindario.** Si bien se trabajó la Zona Central, excluyéndose las zonas marginales, las características socio-económicas, entorno de cada vivienda y nivel de seguridad y vigilancia eran distintas. Se diferenciaron 3 zonas<sup>9</sup>.
- **Ambientales.** Dada la falta de información sobre la localización de los espacios verdes (y pensando que son casas, en su mayoría, con superficie no cubierta) se decidió la exclusión de esta característica. Se trabajó, únicamente, con la característica ambiental objeto de estudio: profundidad de la freática en el año 2001 (último año para el que existe esta medición publicada<sup>10</sup>).

---

<sup>8</sup> No se pudo transformar estas variables en categóricas ordinales (al igual que se hizo con la característica “Estado”) ya que este orden depende de circunstancias particulares de la vivienda (tamaño, número de ambientes, etc.) y de sus ocupantes (prefieren calefacción por aire que es más seca o por radiadores que es más húmeda; ¿qué es mejor: un termotanque o un calefón instantáneo?).

<sup>9</sup> Cabe aclarar que no corresponden a la división partidaria. Vale decir que vivir en Banfield Oeste, a priori, no es mejor que vivir en Temperley Oeste. Es necesario observar con detalle en qué zona de Banfield o Temperley se encuentra localizada la propiedad para poder categorizarla.

<sup>10</sup> Informe del INA (Bianchi, H.H. 2002) en donde se realizaron mediciones en 50 puntos del Partido de Lomas de Zamora.

## **Resumen de las Variables Relevadas**

Una síntesis de la Base de Datos utilizada en este estudio y sus principales estadísticos se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2: Resumen de variables y sus principales estadísticos

Variable	Observaciones	Media	Desvío
PPesos	240	\$ 334.257	288.421
Terreno	240	417,26 m <sup>2</sup>	242,64
Cubierta	240	212,53 m <sup>2</sup>	111,40
Años	223	31,35 años	17,70
Estado	239	2,62 (Muy Bueno)	0,87
Cochera	240	0,91	0,28
Dormi	240	3,14 dormitorios	0,94
AC	240	0,95	0,21
Calor	240	0,97	0,17
AA	240	0,29	0,45
Pileta	240	0,22	0,42
Agua	237	1	0
Cloaca	227	0,89	0,31
DTren	240	10,35 cuadras	5,17
Barrio	240	1,84 (Intermedio)	0,73
Freática	240	2,28 m	0,78

A modo de resumen cabe destacar que el precio medio de una vivienda localizada en la Zona Central se sitúa en torno a los 330 mil pesos pero existen grandes disparidades: desde los 51 mil pesos del inmueble más barato (en la muestra tomada) hasta, cerca, los 2 millones de pesos que cuesta la más cara.

La superficie del terreno promedio ronda los 400 m<sup>2</sup> y se corresponde con viviendas en muy buen estado de conservación ubicadas en los que se denominaron “barrios intermedios<sup>11</sup>”. Cuentan de, aproximadamente, 200 m<sup>2</sup> cubiertos, 3 dormitorios y cochera aunque se dan divergencias significativas (por ejemplo, la superficie cubierta presenta un mínimo de 50 m<sup>2</sup> hasta un máximo de 800 m<sup>2</sup>).

Respecto a los accesorios de la vivienda, se observa que la mayoría (más del 95%) de las viviendas dispone de algún sistemas de calefacción instalado (estufas, radiadores o calefacción central) y agua caliente (sea provisto por calefón, termotanque u otro sistema). Por otra parte, menos del 30% de las propiedades tienen aire acondicionado (central o individual) y pileta de natación.

<sup>11</sup> Se aclara, nuevamente, que la zona estudiada no corresponde a área marginal.

La variable “Agua” es descartada del análisis ya que la mayoría de las viviendas (98,75%) se encontraban ubicadas dentro del radio servido con agua potable mientras que el porcentaje restante presentó inconsistencia en la información (la inmobiliaria publicaba que la vivienda disponía de agua potable mientras que los planos de cobertura de Aguas Argentinas indicaban lo contrario o viceversa). El 89% de los inmuebles relevados disponen de servicio cloacal.

Las viviendas están ubicadas, en promedio, a 10 cuadras de la estación del tren teniendo observaciones bien cercanas (2 cuadras) y otras bastante alejadas (39 cuadras).

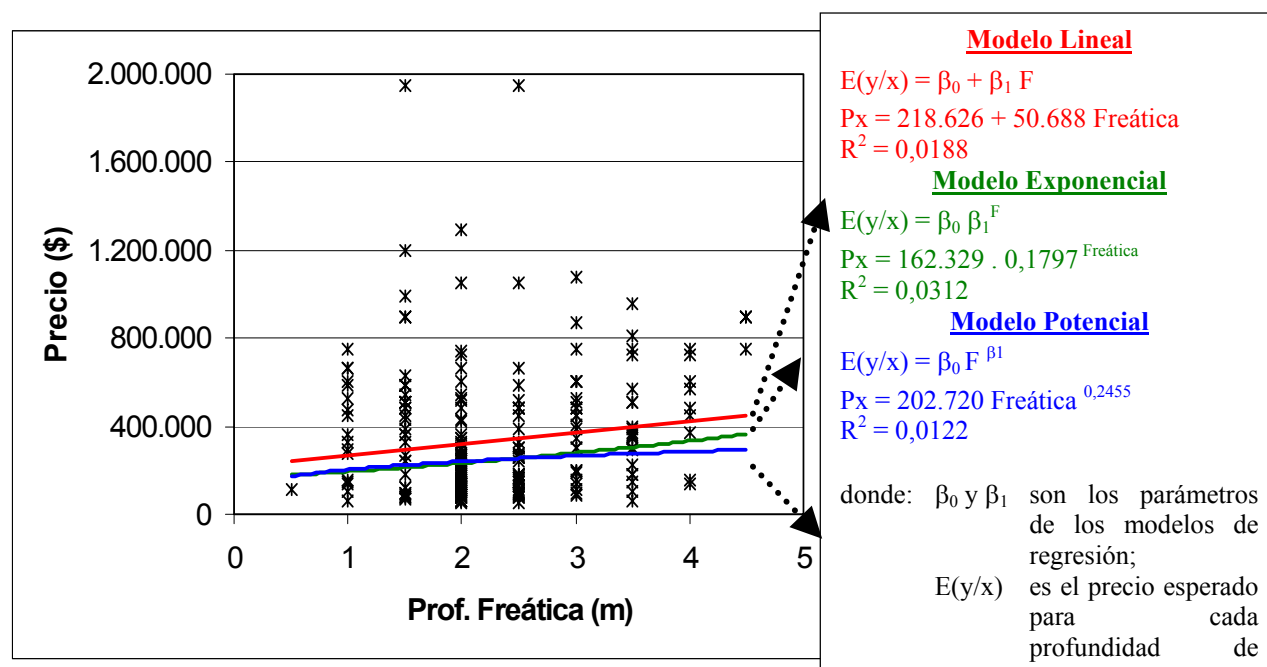
En cuanto a la variable de interés en este trabajo, “Freática”, el 50% de las observaciones están localizadas en zonas donde la freática está a menos de 2,5 m de profundidad. Cabe recordar que en la Zona Central, la profundidad mínima es de 0,5 m siendo la máxima 4,5 m.

## ESTIMACIÓN DE LOS MODELOS

### Modelos Planteados

La selección de la forma de la ecuación de regresión de Precios Hedónicos que mejor expresa la relación existente entre los atributos de las viviendas y su precio es un problema empírico, de no fácil solución, con importantes consecuencias en cuanto a la valoración de las características analizadas.

El Gráfico 1 muestra la relación existente entre la característica objeto de estudio (profundidad de la napa freática) y el precio observado de las viviendas con el objeto de especificar la forma funcional que produjera un mejor ajuste.



**Gráfico 1:** Precio vs. Profundidad de la Freática. Distintas formas funcionales

Dado que a primera vista los modelos lineal y exponencial se ajustaban muy bien a los datos, se decidió estimar las 2 posibilidades alternativas de funciones, por el Método de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO), con el objeto de seleccionar la de mejor comportamiento<sup>12</sup>. A continuación se presenta un resumen de las formas funcionales estudiadas:

<sup>12</sup> Una ventaja de los modelos seleccionados, y que merece ser citada, es que los parámetros estimados son de fácil interpretación y, de acuerdo a revisión bibliográfica, los resultados obtenidos en referencia a bondad de ajuste, error

- **Función Lineal.** Esto implica que el precio implícito de una mayor profundidad de la napa freática es constante, cualquiera sea el nivel de partida de la misma. En otras palabras, el precio asignado a un determinado ascenso de los niveles freáticos (perjuicio que genera un aumento de la freática de, por ejemplo, 1m) sería el mismo en una situación de freática bien profunda (5 m, por ejemplo) que cuando se parte de una situación en donde ya los niveles de la misma son altos (2 m, por ejemplo).

$$PPesos_i = \beta_0 + \beta_{S1} S_{1i} + \beta_{S2} S_{2i} + \beta_{S3} S_{3i} + \dots + \beta_N N_i + \beta_F F_i + \varepsilon_i \quad (\text{para } i = 1, 2, \dots, 240)$$

donde:  $PPesos_i$  es el precio de cada inmueble expresado en pesos;  
 $S_{1i}, S_{2i}, S_{3i}$  son las variables que describen las características propias de cada vivienda (Terreno, Cubierta, Años, Estado, Cochera, Dormi, AC, Calor AA, Pileta, Cloaca, DTren) del inmueble  $i$ ;  
 $N_i$  es la variable que resume las características del vecindario (Barrio) del inmueble  $i$ ;  
 $F_i$  es la variable objeto de estudio: profundidad de la freática (Freática) del inmueble  $i$ ;  
 $\beta_j$  representa el precio implícito o disposición marginal a pagar por cada atributo (para  $j = S1, S2, \dots, N, F$ )  
 $\varepsilon_i$  es la perturbación aleatoria del inmueble  $i$

- **Función no lineal - Modelo Exponencial Linealizado.** El precio implícito de cada característica (entre ellas, la profundidad de la freática) cambia con la cantidad de referencia de la misma. La especificación semilogarítmica seleccionada (Log Lin) tiene la propiedad que el coeficiente estimado para cada variable mide el cambio proporcional o relativo constante en el precio del inmueble para un cambio absoluto dado en la variable independiente que, multiplicada por 100, indica el cambio porcentual en el precio para un cambio absoluto en las características. Ello es muy útil para este estudio ya que el  $b_F^*$  estimado nos mostrará cuál es el porcentaje de incremento (desvalorización) del precio de las viviendas ante un descenso (ascenso) de la freática.

$$PPesos_i = \beta_0 \cdot \beta_{S1}^{S_{1i}} \cdot \beta_{S2}^{S_{2i}} \cdot \beta_{S3}^{S_{3i}} \dots \beta_N^{N_i} \beta_F^{F_i} \cdot \varepsilon_i \quad (\text{para } i = 1, 2, \dots, 240)$$

o, alternativamente

$$\ln PPesos_i = \ln(\beta_0) + \ln(\beta_{S1})S_{1i} + \dots + \ln(\beta_N)N_i + \ln(\beta_F)F_i + \ln(\varepsilon_i) \quad (2) \quad (\text{para } i = 1, 2, \dots, 240)$$

$$PPesos_i^* = \beta_0^* + \beta_{S1}^* S_{1i} + \dots + \beta_N^* N_i + \beta_F^* F_i + \varepsilon_i^* \quad (3) \quad (\text{para } i = 1, 2, \dots, 240)$$

## Resultados Obtenidos

Previo a estimar la función de precios hedónicos se descartó la existencia de multicolinealidad entre las variables explicativas seleccionadas ya que en este caso, aunque en conjunto todas las variables expliquen la variable dependiente, no pueden explicarse los coeficientes separadamente que es lo que interesa en este trabajo.

Luego de eliminar variables colineales<sup>13</sup> y aquellas no significativas, siguiendo el criterio de minimizar el cuadrado medio del error de ajuste, se estimó (utilizando el Software Estadístico Stata 6.0) el Modelo Log Lin en 2 variantes: a) considerando el total de observaciones y b) restringiendo 4 observaciones (aquellas viviendas con precios extremadamente altos). Los resultados se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3: Modelo Log Lin (Variable Dependiente: ln PPesos)

<b>Variables independientes</b>	<b>Modelo Log Lin</b> Nro. Obs. : 240 <b>R<sup>2</sup> = 0,4793</b> <b>F = 109,07</b> <b>p &lt; 0,0000</b>	<b>Modelo Log Lin</b> <b>(Precios &lt;1.200.000)</b> Nro. Obs. : 236 <b>R<sup>2</sup> = 0,4414</b> <b>F = 92,04</b> <b>p &lt; 0,0000</b>
<b>Constante</b>	11,09672 t: 84,64 p < 0,000	11,10711 t: 84,73 p < 0,000
<b>Cubierta</b>	0,00478 t: 14,281 p < 0,000	0,00455 t: 12,890 p < 0,000
<b>Freática</b>	0,12925 t: 2,703 p < 0,007	0,14087 t: 2,943 p < 0,004

El valor de F, en ambas estimaciones, es significativo lo cual permite rechazar la hipótesis nula para el modelo global. Las pruebas de significancia para los coeficientes  $\beta_j$  indican que las variables “Cubierta” y “Freática” son determinantes del precio de la vivienda: a mayor superficie cubierta y mayor profundidad de la napa freática, mayor es el valor del inmueble.

Dado que cuando se eliminan observaciones de la muestra (4 viviendas cuyos precios son mayores o iguales a \$ 1.200.000) mejora el valor del estadístico t correspondiente a la variable “Freática”, el Modelo Log Lin restringido (Precios <1.200.000) presenta un mejor ajuste. Un R<sup>2</sup> de 0,4414 significa que alrededor del 44% de la variación en el (logaritmo) del precio de los inmuebles se explica por la variación en la superficie cubierta y la profundidad de la freática. De este modo, la función de regresión muestral correspondiente a la ecuación (3) es:

$$\ln \text{PPesos} = 11,10711 + 0,00455 \text{ Cubierta} + 0,14087 \text{ Freática} \quad (4)$$

<sup>13</sup> Si bien no existen guías infalibles para solucionar el problema de la multicolinealidad, la literatura presenta ciertas reglas generales entre las que omitir del modelo una(s) variable(s) es una de las soluciones más simples. Cabe aclarar que existen otras medidas remediales a aplicar como, por ejemplo, aumentar el tamaño de la muestra (en estos casos se debe tener presente que la estructura económica asociada con las nuevas observaciones puede no ser la misma que la estructura original) o utilizar técnicas estadísticas multivariadas (análisis factorial o componentes principales, por ejemplo).

Dado que, el coeficiente estimado (multiplicado por 100) para cada variable mide el cambio porcentual en el precio para un cambio absoluto en las características, se puede afirmar que:

- Cada m<sup>2</sup> de superficie adicional cubierta incrementa el precio de la vivienda en un 0,45%.
- Las casas se revalorizan (desvalorizan) un 14% cada vez que la freática está 1 metro más (menos) profunda.

Así es como se puede concluir que la profundidad de la napa freática afecta positivamente la valoración de los inmuebles: una vivienda ubicada en una zona donde la freática se encuentra a 2m de profundidad vale, aproximadamente, un 14% más con respecto a otra de similares características (superficie cubierta) con una napa freática 1m más alta.

## Aplicación de los Resultados Obtenidos

Si se considera que, para la Zona Central, la situación de la napa freática es la presentada en la Tabla 5, se concluye que en los últimos 10 años (Período 1992 – 2001) ha existido un ascenso neto generalizado de los niveles freáticos: en promedio, está 1m más alta<sup>14</sup>.

Tabla 5: Profundidad Media Ponderada (Zona Central)

Año 1992	Año 2000	Año 2001
3.69m	2.26m	2.69 m

Fuente: (Bianchi, H.H. 2002)

El Partido de Lomas de Zamora tiene un total de 164.887 viviendas (según Datos Provisorios del Censo 2001) de las cuales, aproximadamente, 84.000 se encuentran ubicadas en la Zona Central (considerando que el 51% de la población del Partido habita en dicha zona con un promedio de 3,6 hab. por vivienda). Del total de viviendas, tomando en cuenta que (aproximadamente) el 70% corresponde a casas<sup>15</sup>, existen 59.000 construcciones con estas características.

Dado el precio promedio de las viviendas para esta zona (\$ 334.260) y considerando una desvalorización del 14% debido a que, justamente, la freática ha aumentado 1m, la reducción en el valor de cada propiedad es, en términos medios, de \$ 46.800. Con aproximadamente 59.000 viviendas cuyo precio se ha visto reducido en \$ 46.800 (en promedio) se observa que la pérdida total en el valor de los inmuebles asciende a los 2.760 millones de pesos.

Esta es una primera aproximación a los daños sentidos por la población del Partido de Lomas de Zamora (Zona Central) debido al aumento de la napa freática. Cabe aclarar que este valor constituye una parte del daño total ya que sólo se han considerado los perjuicios acontecidos sobre la población residencial que habita casas (y que serán reflejados en el precio de los inmuebles afectados<sup>16</sup>); sería necesario considerar:

<sup>14</sup> Es más, en algunos puntos de esta zona, se han observado ascensos de más de 4m.

<sup>15</sup> Según datos del Censo 1991, para los 19 Partidos del Gran Buenos Aires, sobre un total de 2 millones de viviendas, 1,4 millones corresponde a casas (70% de las viviendas son casas); el resto son departamentos, hoteles, inquilinatos, etc.

<sup>16</sup> Es decir, se ha estimado el valor (en términos de costo) de uso directo o referido al consumo (utilización) directa del bien ambiental.

- la pérdida de valor de los departamentos (se presume que la desvalorización de éstos es menor que el porcentaje estimado, 14%, debido a que los problemas ocasionados por una freática más alta no son tan importantes);
- los mayores costos inducidos sobre el comercio y la industria.

### **Limitaciones de los Resultados**

Para finalizar, se presenta una breve referencia de las limitaciones de los resultados obtenidos:

- Se utilizaron precios de oferta publicados y no, efectivamente, precios de transacción. Si el “precio de cierre”<sup>17</sup> es menor que el valor publicado (como realmente sucede) se estará sobreestimando el valor de las propiedades.
- Se omitieron características relevantes ya sea por falta de información o por desconocimiento (error de especificación).
- Se generalizaron los resultados a todas las casas incluidas en la zona de estudio a partir de una muestra de casas tomada del Portal de TopInmobiliario. Se piensa que la oferta de viviendas en Internet (y que usan este sistema de venta) podría estar sesgado hacia las propiedades de mayor precio. De este modo se estaría sobreestimando el valor promedio del daño sufrido.

No obstante las aclaraciones presentadas, el dato estimado puede ser usado como una primera aproximación a los beneficios que la comunidad de la Zona Central del Partido de Lomas de Zamora obtendría si se encararan medidas de remediación de esta situación y los niveles freáticos volvieran a sus valores iniciales (Año 1992 en donde la napa freática se encontraba, en promedio, 1 m más profunda).

Se piensa que estos problemas, más que invalidar las regresiones hedónicas, ponen el acento en la necesidad, por un lado, de realizar una buena selección de las variables y, por otro lado, de no escatimar esfuerzos para conseguir una muestra que mida adecuadamente los precios y las características.

---

<sup>17</sup> Dado que los descuentos aplicados dependen de cada operación, no puede aplicarse una tasa constante para corregir el precio publicado.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La función exponencial linealizada, función semilogartmica Log Lin, es la que mejor ajustó a los datos muestrales utilizando la técnica de Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO). La variable “Freática”, profundidad de la napa freática, afecta positivamente la valoración de los inmuebles ( $p < 0,000$ ). Es decir que, una vivienda ubicada en una zona donde la freática se encuentra a 2m de profundidad vale, aproximadamente, un 14% más con respecto a otra de similares características (superficie cubierta) con una napa freática 1m más alta.

Dado que este resultado presentado es preliminar, se recomienda continuar con esta investigación considerando:

- Ampliar la muestra hacia la Zona Noreste e, incluso sería muy interesante, extender el análisis a todo el Conurbano Bonaerense.
- Utilizar, para la estimación de la ecuación de precios hedónicos, los precios de las transacciones reales efectuadas. La bibliografía relevada indica como inconveniente, en este punto, que el mercado inmobiliario es “poco movido” en el sentido de que no se realizan muchas transacciones por período en una zona determinada de forma de contar con una muestra grande.
- Analizar otras variables no consideradas, ya sea por falta de información o por desconocimiento (error de especificación), y que, seguramente, mejorarían la estimación. Al respecto, a priori, se piensa en dos variables adicionales a relevar e incorporar en el análisis:
  - Existencia de medidas defensivas  
Sería fundamental detectar la presencia de estas inversiones ya que, de otro modo, la ecuación de precios hedónicos estimada no ofrece información enteramente fiable. Por ejemplo, la vivienda puede encontrarse en una zona donde la freática está alta pero, precisamente por ello, contar con algún tratamiento contra la humedad en los cimientos, bombas individuales depresoras, etc. Debido a estas medidas defensivas adoptadas, el precio de esta vivienda es semejante a otra de iguales características (superficie cubierta, estado, etc.) pero con una freática más profunda (y, por ende, sin medidas defensivas incorporadas).
  - Expectativas sobre la evolución de la profundidad de la freática  
Podría ocurrir que la persona no conozca la característica ambiental bajo estudio, es decir, no conozca la profundidad de la napa freática en el momento en que adquiere la vivienda pero sí tenga información sobre la evolución de la misma en el tiempo y expectativas sobre lo que ocurrirá. Concretamente, la vivienda tiene un precio menor no específicamente porque la freática esté hoy elevada sino porque viene ascendiendo (y continuará haciéndolo) rápidamente. Así, dos viviendas idénticas (superficie cubierta, estado, profundidad de la freática, etc.) podrían tener una diferencial de precios debido a que, en una, la variación de los niveles freáticos (en un determinado período) ha sido mayor.
- Analizar y determinar si el valor de las viviendas publicadas en Internet es representativo de los precios de la zona.
- Tomar una muestra con igual cantidad de observaciones para cada nivel de profundidad.
- Utilizar el método de componentes principales para construir una medida agregada de algunas variables que presentaban multicolinealidad, por ejemplo, los accesorios de la vivienda (agua caliente, aire acondicionado, calefacción, etc.)

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angeletti, K.** (2000) “*Contaminación del aire y del ruido en la ciudad de La Plata*”. Tesis de Maestría en Finanzas Públicas Provinciales y Municipales, Universidad Nacional de La Plata.
- Ardila, S.** (1993) “*Guía para la utilización de modelos econométricos en aplicaciones del método de valoración contingente*”. Documento del Banco Interamericano de Desarrollo.
- Arrillaga, H.** (1997) “*Evaluación de proyectos de inversión: hacia la construcción de nuevas perspectivas*”. Universidad Nacional del Litoral.
- Azqueta Oyarzun, D.** (1994) “*Valoración económica de la calidad ambiental*”. McGraw Hill Interamericana de España.
- Banco Mundial.** (1995) “*Argentina. Managing environmental pollution: issues and options*”. Report N° 14070-AR.
- Banco Mundial.** (1998) “*Economic analysis and environmental assessment*”. En: Environmental Assessment Sourcebook Update, Environmental Department, N° 23.
- Barrera, D., M. Conte Grand y F. Gaioli.** (1999) “*Conversión a GNC del autotransporte público de pasajeros y de carga del AMBA*”. Secretaría de Recursos Naturales y Desarrollo Sustentable
- Bengochea, A.** (s.f.) “*Valoración económica de zonas verdes: una aplicación para la Ciudad de Castellón*”. Ponencia del II Encuentro de Economía Aplicada. Universitat Jaume I.
- Bianchi, H.H. y otros, dir.** (2002) “*Estudio Cualicuantitativo del Ascenso de la Napa Freática en el Partido de Lomas de Zamora*”. INA-CRL.
- Bilbao Terol, C.** (s.f.) “*Cálculo del beneficio para los consumidores derivado de una mejora medio ambiental*”. Universidad de Oviedo.
- Bover, O. y P. Velilla.** (2001) “*Precios hedónicos de la vivienda sin características: el caso de las promociones de viviendas nuevas*”. Banco de España, Servicio de Estudios Económicos, N° 73.
- Caballer V. y N. Guadalajara.** (1998) “*Valoración económica del agua de riego*”. Ed. Mundi-Prensa.
- Comellas, E.** (2003) “*Valor Recreativo del Agua: El Caso del Embalse El Carrizal*”. Tesis Licenciatura en Economía (Primer Borrador). Universidad Nacional de Cuyo.
- Conte Grand, M.** (1997) “*Social benefits of reducing air pollution in the Buenos Aires Metropolitan Area*”. En: c. Weaver y P. Balam. Gestión de la Contaminación. Vol. 2. Banco Mundial.
- Conte Grand, M.** 2001. *Una primera aproximación a la valuación hedónica de la contaminación en Buenos Aires*. Universidad del CEMA.
- Fasciolo, G.E., R. Gabrielli, M.V. Mendoza y O.E. Zoia.** (1994) “*Evaluación de impactos ambientales del uso de efluentes domiciliarios para riego. El caso del Gran Mendoza*”. INA-CELA.
- Fasciolo, G.E.** (2000) “*Valoración Contingente: el análisis de datos en el método de selección dicotómica*”. INA-CELA.
- Fasciolo, G.E.** (2002) “*Método de Costo de Viaje (MCV)*”. INA-CELA.
- Fasciolo G.E. y otros, dir.** (2002) “*Evaluación del impacto ambiental en acuíferos: contaminación provocada por actividades de saneamiento y disposición de efluentes*”. (Proyecto formulado PICT 2002). INA-CELA.
- Gallego, A.** (1999) “*Valoración contingente de un espacio verde*”. Tesis Licenciatura en Economía. Universidad Nacional de Cuyo.
- Gujarati, D.** (1995) “*Econometría*” (2° ed.). McGraw Hill Interamericana de México.
- Hussain, J., L. Raschid, M. A. Hanjra, F. Marikar and W. Van der Hoek.** (2002) “*Wastewater use in agriculture: Review of impacts and methodological issues in valuing impacts*”. Working papers, 37
- King, D. M., M. Mazzota y K. J. Markowitz.** (2002) “*Ecosystem valuation: Dollar-based Ecosystem Valuation*” (en línea). University of Maryland-University of Rhode Island. Disponible en World Wide Web: [www.uri.edu/cels/enre/mm.htm](http://www.uri.edu/cels/enre/mm.htm) (site funded by US. Department of Agriculture. Natural Conservation Service and National Oceanographic and Atmospheric Administration).
- Llop, A.A.** (1995a) “*Evaluación de los impactos ambientales ocasionados por las grandes presas, sobre el sector agrícola en el sur mendocino*”. INA-CELA.
- Llop, A.A.** (1995b) “*Evaluación Económica del Dique Potrerillos*”. INA-CELA.
- Markandya, A.** (1991) “*The economic appraisal of projects: the environmental dimension*”. University College London.
- Mathews, O. P., Brookshire, D. C. and M. E. Campana.** (2000) “*El valor económico del agua: resultados de un taller celebrado en Caracas, Venezuela*”. Noviembre (en línea). WRP,4. Disponible en World Wide Web: [www.unm.edu/~wrp/wrp-4s.pdf](http://www.unm.edu/~wrp/wrp-4s.pdf)
- Mendoza, M.V. y Llop, A.A.** (1995) “*Introducción a la E.I.A*”. INA-CELA.
- Mendoza, M.V., dir.** (2002) “*Valor del Agua para Uso Recreativo*”. (Proyecto formulado PICT 2002). INA-CELA.
- Mendoza, M.V. y G. Fasciolo.** (2003) “*Estudio económico de los daños ocasionados por la elevación de la napa freática en Lomas de Zamora*”. INA-CELA.
- Nuñez Cerda, F. y R. Schovelin Surhoff.** (2002) “*Estimación de un modelo hedónico para conjuntos de viviendas nuevas*”. En: Revista Ingeniería Industrial. Año 1, N° 1.

- Rogers, P., R. Bhatia and A. Huber.** (1998) *“Water as a Social and Economic Good: How to Put the Principle into Practice”*. Global Water Partnership (GWP) - Technical Advisory Committee (Tac Background Papers N° 2).
- Universidad Alcalá de Henares.** (2002) FCEyE. Dpto. de Economía e Historia Económica. Grupo de Economía Ambiental. 2002. *“Programa de Valorización Económica del Agua en América del Sur”*. SAMTAC.
- Zoia, O.E., M.V. Mendoza, A.A. Llop, V. Guñazú y G.E. Fasciolo.** (1994) *“Una metodología de Evaluación de Impactos de proyectos de saneamiento: Aplicación al caso de Palmira, Mendoza”*. INA-CELA.