



EL VALOR DEL SUELO HABITACIONAL

THE VALUE OF THE HOUSING LAND

QUINTANA, Jesús

Universidad de Sonora (UNISON)
Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Profesor Investigador de Tiempo Completo
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México
Correo electrónico: jesus.quintana@unison.mx
Teléfono: +52 662 259 2183 y 84

OJEDA, Arturo

Universidad de Sonora (UNISON)
Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Profesor Investigador de Tiempo Completo
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México
Correo electrónico: ojeda@dicym.uson.mx
Teléfono: +52 662 259 2183 y 84

RAMÍREZ, Gerardo

Universidad de Sonora (UNISON)
Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Profesor Investigador de Tiempo Completo
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México
Correo electrónico: gerardo.ramirez@unison.mx
Teléfono: +52 662 259 2183 y 84

SILVESTRE, José

Universidad de Sonora (UNISON)
Departamento de Ingeniería Civil y Minas
Profesor Investigador de Tiempo Completo
Blvd. Luis Encinas y Rosales S/N, Colonia Centro, Hermosillo, Sonora, C.P. 83000, México
Correo electrónico: silvestre@dicym.uson.mx
Teléfono: +52 662 259 2183 y 84

Palabras Clave: Valor del suelo, consumo de agua, educación, renta, criminalidad

Key words: Land value, water consumption, education, rent, crime

Resumen

En una ciudad marcada por una evidente diferenciación del valor del suelo habitacional, este documento muestra las relaciones del valor y sus principales variables inmobiliarias, de acuerdo con el mercado de la ciudad de Hermosillo, Sonora, México. Lo anterior, a partir de conceptos tradicionales de deseabilidad del entorno edificado, de la accesibilidad urbana y de la jerarquía social; obtenida, en esta ocasión, a través de indicadores de educación, renta, accesibilidad, consumo de agua y criminalidad. El análisis se desarrolla a partir de una base de datos, geográficamente referenciada, con 427 mediciones de valores del suelo y sus características inmobiliarias, además de información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía, mediciones del Organismo Operador Municipal Agua de Hermosillo y datos

165

proporcionados por la Secretaría de Seguridad Pública del Estado de Sonora. Las medidas proporcionadas se integran en un sistema de información geográfica, con el cual es posible obtener modelos de precios hedónicos que permitan establecer relaciones estadísticas significativas. A partir, de análisis estadísticos y geoestadísticos multivariados, resueltos con la técnica de regresión lineal múltiple aproximada por OLS y la regresión geográficamente ponderada GWR, considerando una ponderación Gaussiana y una optimización de acuerdo al número de vecinos. Los resultados indican una importante asociación positiva del valor del suelo con el nivel de ingreso, el consumo de agua y la educación; y en este caso, la accesibilidad y la criminalidad en la ciudad parecen ser características que no aportan valor al suelo urbano habitacional.

Abstract

In a city marked by an evident differentiation of the value of the housing land, this document shows the relationships of the value and its main real estate variables, according to the market of the city of Hermosillo, Sonora, Mexico. The above, based on traditional concepts of desirability of the built environment, urban accessibility and social hierarchy; obtained, on this occasion, through indicators of education, rent, accessibility, water consumption and crime. The analysis is developed from a database, geographically referenced, with 427 measurements of land values and their real estate characteristics, in addition to information from the National Institute of Statistics and Geography, field measurements of the Municipal Agency Water Operator of Hermosillo and data provided by the Secretariat of Public Security of the State of Sonora. The measures provided are integrated into a geographic information system, with which it is possible to obtain hedonic price models that allow the establishment of significant statistical relationships. From statistical and geostatistical analyzes, multivariate, solved with the technique of multiple linear regression approximated by OLS and the geographically weighted regression GWR, considering a Gaussian weighting and an optimization according to the number of neighbors. The results indicate a significant positive association of land value with the level of income, water consumption and education; until this moment, the accessibility and the crime in the city, seem to be characteristics that do not contribute value to the residential urban land.

1. Introducción

La ciudad se conforma de suelo urbano, con distintos usos y distintas clasificaciones, es decir, dentro de la ciudad tenemos usos: habitacionales, comerciales, servicios e industriales; y cada uno de ellos, se clasifica en diferentes calidades, entendiéndose por calidad, las características inmobiliarias del suelo que prefieren los consumidores, lo que lleva a tener suelos de alta, media y baja preferencia.

El objetivo de este documento es mostrar un procedimiento con el cual se estime el comportamiento del valor del suelo habitacional en la geografía de la ciudad de Hermosillo, Sonora, a partir del concepto de modelos de precios hedónicos que considere, además, posibles asociaciones espaciales de las variables inmobiliarias del mercado local.

Con lo cual se pretende verificar si, el valor del suelo urbano es resultado de una combinación de factores de educación, de ingreso familiar, de accesibilidad urbana, de criminalidad y de



consumo de agua residencial; con lo cual sea posible explicar la formación actual del valor del suelo urbano habitacional.

La forma en que se produce y consume el recurso hídrico, está presente cada vez con mayor importancia en la economía, fue considerado por primera vez en la Cumbre de la Tierra en Río de Janeiro en 1992 y de Johannesburgo en el 2002; esto muestra la preocupación internacional por la sostenibilidad en los procesos de producción y consumo, de acuerdo con (Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios de la Ciudad de Madrid, 2005).

El nivel de ingreso de las personas se relaciona directamente con las preferencias que están dispuestos a pagar, en el proceso de adquisición del suelo urbano de uso habitacional. Esto es, las personas con altos niveles de ingreso están en condiciones de pagar las mejores zonas para localizar su vivienda en la ciudad; donde se satisfagan la mayoría de sus preferencias, mientras que las personas con niveles de ingresos bajos, se deberán limitar en la cantidad de preferencias que les permitan sus ingresos acceder.

El proceso anterior genera una serie de asociaciones, donde las personas con niveles de ingresos altos, se ubican en las mejores zonas, mientras que las de menores ingresos van quedando agrupadas de acuerdo a su capacidad de compra. Estas asociaciones en primera instancia económica, genera nuevos deseos, como los de vivir cerca de personas con niveles de educación similares, problemas similares, mismas culturas, llegando incluso a la formación de agrupaciones con composiciones del mismo origen étnico.

La accesibilidad desde los primeros estudios de Von Thünen en Alemania, ha estado presente como un factor importante en el valor del suelo, a partir del modelo simplista de ciudad monocéntrica y homogénea, hasta sistemas más complejos con múltiples centros y características heterogéneas.

La criminalidad, es el resultado de hechos que transgreden las leyes y reglamentos, establecidos por el gobierno, son actitudes y acciones que lesionan a otras personas, sea esto en su integridad física, intelectual o en su patrimonio. La presencia de este tipo de acciones en una zona de la ciudad, es usualmente una característica que impacta negativamente en las preferencias de las personas. Si estas zonas no son preferidas por los demandantes de suelo urbano habitacional, provocan una baja en los precios de venta del suelo urbano, independientemente de otros tipos de atributos, como la accesibilidad, entorno urbano, etcétera.

El valor del suelo urbano, es resultado principal de una combinación de características como: la educación, el ingreso familiar, la accesibilidad urbana, la criminalidad y el consumo de agua; a partir de las cuales, es posible integrar modelos que expliquen su formación y comportamiento. El valor del suelo se estudia a partir de la formación espacial de los valores urbanos, que se define con base en la teoría económica espacial, donde es posible identificar tres componentes principales: la accesibilidad, las externalidades físicas y ambientales y los factores sociales.

1.1 *El consumo de agua*

En México, según datos del Consejo Nacional de Población (2010), se identificó que el 78% del total de habitantes es población urbana; y que, en Sonora, el 86% de la población ya está radicando en zonas urbanas en el estado; siendo que dicho proceso de asentamiento de la



población en las localidades urbanas ha implicado fuertes presiones sobre el medio ambiente y las instituciones, lo cual es derivado del incremento de la demanda de los servicios urbanos. En otro contexto, (Shandas & Parandvash, 2009) desarrollan una investigación en Portland, Oregon, E.E.U.U. para cuantificar la influencia de zonas específicas y las características estructurales de desarrollos urbanos en el consumo de agua en una región metropolitana. Para ello, utilizaron Sistemas de Información Geográfica (SIG) para caracterizar 122,550 lotes de diferentes usos del suelo y estadísticamente asociadas a las formas urbanas y las características sociodemográficas de los usuarios del agua, con los datos empíricos sobre el consumo de agua durante un período de cinco años. Evaluaron el consumo de agua para las viviendas residencial unifamiliar (SFR), residencial multifamiliar (MFR), comercial, industrial y el uso del suelo a nivel de lote. En el análisis estadístico buscaron la asociación entre el consumo del agua y el uso del suelo para cada año, y posteriormente determinan el modelo utilizando regresión múltiple, efectuando diversas combinaciones con las variables independientes. Para el año 1999 encontraron una correlación fuerte y significativa entre el área de cada uso del suelo y el consumo de agua ($R^2= 0.74$). Para el año 2002-05, las viviendas SFR, el uso comercial-industrial y el uso MFR son significativas, lo que ayuda a explicar el 55% a 64% del consumo total de agua.

1.2 Criminalidad

La criminalidad de acuerdo con (Cook, 1986), supone que los criminales y las víctimas son individuos racionales, que toman decisiones siguiendo procesos de optimización; esto es, que el criminal conoce las posibilidades de tener éxito o ser detenido, si tiene éxito las potenciales ganancias asociadas con el delito y en lo opuesto, los costos de ser detenido, el castigo o pena que le imponen las autoridades. Por otro lado, las víctimas también conocen las pérdidas potenciales que pueden tener en sus pertenencias y en este sentido incurren en gastos que aumenten las medidas de seguridad para prevenir el éxito de los delincuentes.

(Aguayo & Chapa, 2012) en su trabajo de *El robo a casa habitación en Monterrey, Nuevo León*, encuentran que la localización de la vivienda y las características del vecindario son los elementos importantes para predecir la probabilidad del robo, como son las características de la vivienda y no así las características de sus ocupantes.

Por su parte (Urquijo, 2016), menciona que los datos de la Coordinación de Seguridad Ciudadana en Hermosillo, el 60% de los robos en casa habitación se llevan a cabo en los fraccionamientos tipo cerrada, sin diferenciar el nivel económico de los mismos. Esto fundamentalmente, por la poca atención en la prevención de estos delitos, pues el ciudadano confía en los vecinos de su cerrada.

De acuerdo con (Hindelang, Gottfredson, & Garofalo, 1978) el robo de vehículos es un delito complejo de combatir, pues se manifiesta de diversas formas; es decir, se presenta el robo de motocicletas, vehículos particulares, transporte de pasajeros, de carga, etcétera. Además, los robos se pueden llevar a cabo, sin violencia o con violencia, con la víctima conduciendo, caminando hacia el vehículo o estacionándolo. Los robos se llevan a cabo en estacionamientos de centros comerciales, de diversión, de oficinas públicas, sobre las calles, en caminos vecinales o en carreteras.

En este sentido, (Vilalta, 2011) muestra que el robo de vehículo es un fenómeno que se presenta con una lógica geográfica y temporal, por lo que es un delito que puede ser

combatido. Esto es, que es posible identificar los lugares más frecuentados por estos delincuentes y los momentos en que prefieren actuar.

El narcomenudeo es un fenómeno normalmente asociado al narcotráfico, como parte de su estructura final para llegar al consumidor. Es la parte perceptible por los ciudadanos en la compraventa y consumo de sustancias ilegales relacionadas con la alteración de la conducta de los individuos y normalmente suele tener una estructura territorial dominada por grupos delincuenciales organizados.

Por su parte (Cortés & Parra, 2011) caracteriza el mercado del narcomenudeo a partir de tres aspectos básicos: puntos de venta, la monetización y el consumo. Esto es, el narcomenudeo es una actividad ilegal, que con el tiempo genera espacios y actitudes al desarrollo de otro tipo de actividades ilegales, como el robo, la extorsión, la deserción escolar y la violencia intrafamiliar y urbana.

2. Metodología

2.1 Descripción del caso de estudio

El Estado de Sonora se localiza al noroeste de México, en la zona más árida del territorio nacional conocida como Desierto de Sonora que se extiende al sur de Estados Unidos de América a través de los estados de Arizona y California, y en México por el Estado de Baja California y Sonora. La ciudad de Hermosillo, capital del estado se localiza a 29°05'56"N y 110°57'15"O en el noroeste de la República Mexicana y a 289 km de la frontera con los Estados Unidos de América (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

La ciudad con una altitud promedio de 216 MSNMM¹, una topografía sensiblemente plana, una mancha urbana de 160.93 km², donde 125.68 km² corresponden a superficies de lotes y predios urbanos, de los cuales el 37.25% se encuentran baldíos (Instituto Municipal de Planeación Urbana, 2006). De donde es posible inferir la flexibilidad de la autoridad municipal en el planeamiento del desarrollo de la ciudad, lo cual es aprovechado por algunos sectores de la población para mantener de cierta forma el poder adquisitivo de su dinero y obtener una renta importante (plusvalía) a costa de las inversiones públicas en servicios y los costos que el resto de la población tiene que pagar al recorrer cada vez mayores distancias del hogar al trabajo, escuela o comercio.

La ciudad de Hermosillo registra una población de 715,061 habitantes y un stock de vivienda compuesto por 213,304 viviendas particulares habitadas, donde el 95.24% posee agua entubada, el 94.59% sistema de drenaje y el 97.49% servicio de energía eléctrica (Instituto Nacional de Estadística Geografía, 2010).

La ciudad presenta zonas de valores de suelo habitacional muy diferentes, como es la región central de la ciudad, compuesta por el antiguo casco de la ciudad, donde se localiza principalmente comercio de segundo nivel. De este centro de atracción se desprenden varias vías de comunicación, como los bulevares Francisco Eusebio Kino, Morelos, Luis Encinas, Colosio, Navarrete, entre otros, mismos que se muestran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En estas vialidades se generan zonas comerciales de primer,

¹ MSNMM metros sobre el nivel medio del mar.



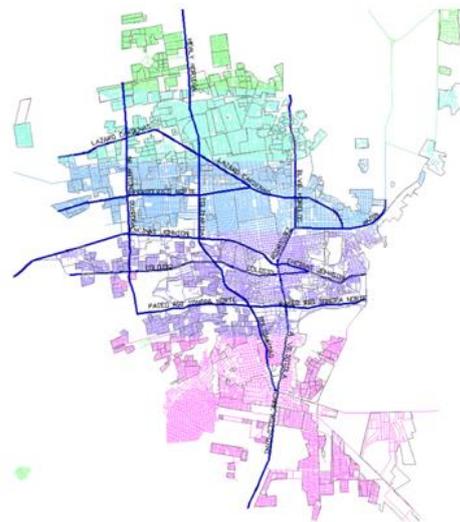
segundo y tercer nivel, que marcan el crecimiento urbano de la ciudad. Las áreas comprendidas entre estas vialidades forman entornos habitacionales de alto, medio y bajo nivel; donde parece existir una asociación espacial de niveles altos con altos y bajos con bajos, con transiciones graduales.

Figura 1. Localización de Hermosillo



Fuente: Fuente: Inst. Mun. de Planeación Urbana (2016)

Figura 2. Mancha Urbana de Hermosillo



Fuente: Elaboración propia

Hermosillo, una urbanización de tamaño medio en el país, con un enfoque hacia los servicios, con una industria poco desarrollada, con pocas posibilidades de actividades primarias, debido a su limitante hídrica. Presenta un rango de valores de suelo que van de los \$65.00/m², hasta valores de \$4,500.00/m² (Colegio de Valuadores Profesionales del Estado de Sonora, 2013).

2.2 Diseño de la investigación

Se recolectó directamente en campo mediante recorridos por la ciudad, localizando los espacios de suelo habitacional disponibles, de ahí se conformó en gabinete una muestra de valores del suelo urbano habitacional unifamiliar, utilizando una hoja electrónica en Excel. Además de los datos de campo, se colectó información de diferentes bases de datos de sitios en internet publicadas por empresas dedicadas a la compraventa de bienes raíces, asesores de crédito y personas físicas.

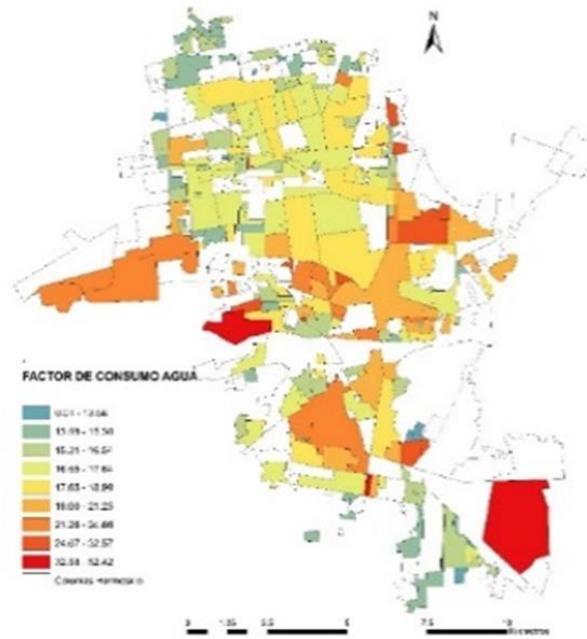
De igual forma se llevó a cabo la recolección de información consultando las bases de datos utilizados en sistemas de gestión de captura de avalúos en unidades de valuación acreditadas en la Sociedad Hipotecaria Federal, en las cuales se almacena la información utilizada en la realización de los diferentes trabajos de valuación, como comparables de ofertas de mercado. Finalmente se logra integrar 427 casos de valores unitarios de terrenos urbanos habitacionales.

Por otro lado, la variable FAC_AGUA *consumo de agua doméstica*, se integra a partir de información del Organismo Operador Agua de Hermosillo, con información de los consumo de agua potable generados en las viviendas para el año 2015, con lo que se obtiene el consumo medio mensual, representativo de los doce meses del año para cada una de las viviendas pertenecientes a las colonias de la ciudad, de acuerdo con el procedimiento establecido en (Ojeda A. , 2013).



En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestran los distintos valores de consumo de agua en la geografía de la ciudad, observándose zonas como Los Lagos y áreas cercanas al Bulevar Morelos que presentan altos consumos de agua y se asocian con valores de suelos altos; y los menores consumos, se presentan en zonas periféricas al norte, sur y noroeste, características de valores de suelos bajos.

Figura 3. Distribución de los consumos de agua



Fuente: Elaboración propia

FAC_CRIM *criminalidad*, es una variable que se integra a partir de información que proporciona la Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno del Estado de Sonora, en su portal <http://sspsonora.gob.mx/>, donde se consideran los delitos registrados (Secretaría de Seguridad Pública, 2016): *narcomenudeo*, *robo de vehículo*, *robo a casa habitación*, *robo a comercio*, *lesiones dolosas*.

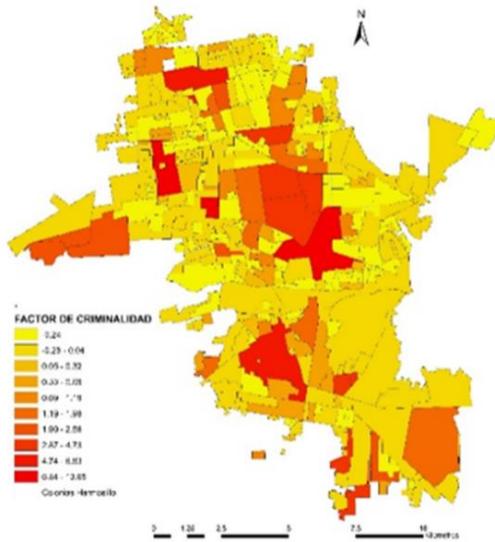
Esta información se utiliza para obtener un factor que integre esta información, para lo cual se aplica el análisis estadístico de reducción de dimensiones, en particular el *Análisis Factorial* aplicando el método de *Componentes Principales*, usando el SPSS 22. Los resultados muestran una extracción muy cercana a la unidad y una varianza total explicada de 63.2%.

El comportamiento del factor de criminalidad a partir de estas cuatro variables, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Donde es posible observar, zonas como el Centro de la ciudad, junto con colonias como el Sahuaro, Solidaridad y el Palo Verde con alta incidencia de este tipo de delitos; y en menor grado colonias como la Balderrama, San Benito, Altares, Ley 57, Las Lomas, Nuevo Hermosillo, entre otras; dejando a gran parte de la ciudad con indicadores bajos en el aspecto delictivo. FAC_ACC *accesibilidad*, es un componente obtenido de información de campo y cálculos de (Morales, 2015), para integrar una medida de accesibilidad en la ciudad de Hermosillo, a partir de las tres variables siguientes: *accesibilidad en distancia*, *accesibilidad en tiempo*, *accesibilidad en costo*.



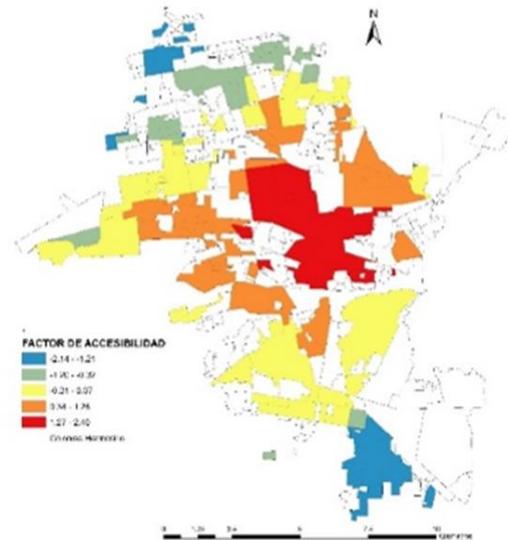
Se reducen las dimensiones, utilizando el Análisis Factorial, donde se obtiene una extracción del 95 al 99%, con una varianza total explicada del 97.7%. Finalmente, el comportamiento del factor de accesibilidad obtenido a partir de estas tres medidas, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Donde es posible observar, como de forma natural, las partes cercanas al centro de la ciudad comparten factores de accesibilidad importantes y de forma gradual van disminuyendo conforme se aleja del centro de la ciudad.

Figura 4. Distribución de la criminalidad



Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Distribución de la accesibilidad



Fuente: Elaboración propia

FAC_REN *la renta*, es la estimación del indicador de ingresos y se obtiene a partir de variables económicas y de viviendas, derivadas de (Instituto Nacional de Estadística Geografía, 2010), como la población ocupada (ECO4), población ocupada de 12 años y más con al menos un grado aprobado de educación superior o posgrado (ECO22), promedio de ocupantes por cuarto (VIV5) y viviendas particulares habitadas que disponen de internet (VIV36).

Se reducen las dimensiones, utilizando el Análisis Factorial. En este proceso se excluye la variable ECO4 que presenta una pobre integración y poca varianza explicada; una vez realizado esto, el componente final presenta extracciones del 80 al 84% y una varianza total explicada de 82.3%. Finalmente, el comportamiento del factor de renta obtenido a partir de estas tres variables, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** Donde es posible observar valores de renta alta en la zona Centro, Los Lagos y sus alrededores, así como la zona del Bulevar Morelos, con acentuación hacia el Cerro del Bachoco; mientras que los valores de renta baja se presentan fundamentalmente en la periferia, con excepción de las terminaciones de los Bulevares Colosio y Morelos.

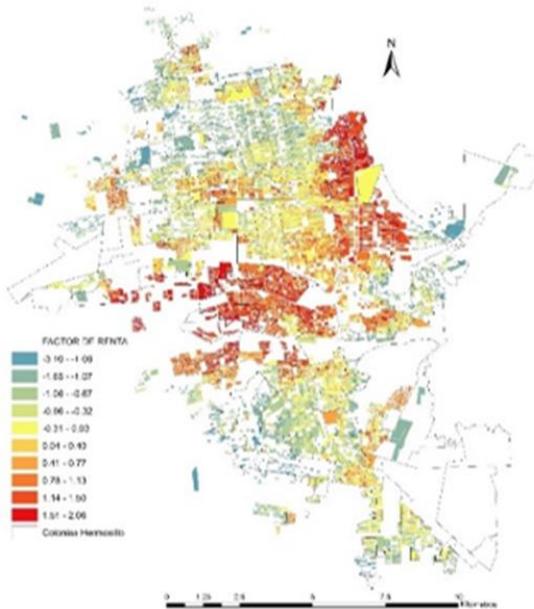
FAC_EDU *educación*, es la estimación del indicador de educación, a partir de las variables de (Instituto Nacional de Estadística Geografía, 2010), que se listan en seguida: población de 15 años o más con educación pos-básica (EDU40), población de 25 años y más con al menos un grado aprobado de educación superior (EDU46), grado promedio de escolaridad (EDU49).

Se reducen las dimensiones, utilizando el Análisis Factorial. Los resultados muestran una extracción de 95 al 98% y una varianza total explicada de 96.6%.



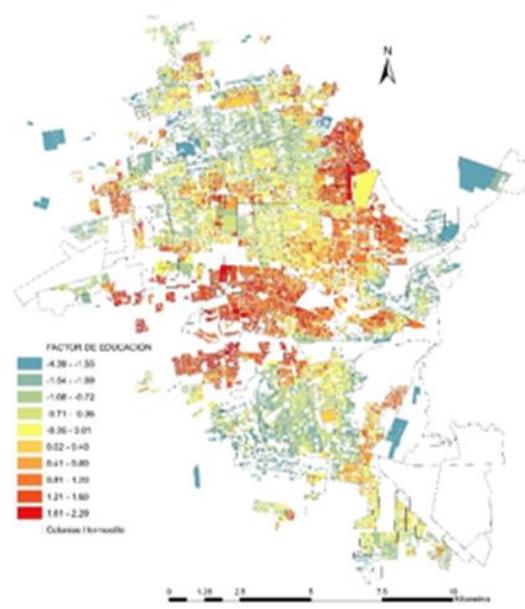
Finalmente, el comportamiento del factor de educación obtenido a partir de estas tres variables, se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde, como el anterior, presenta zonas de educación altas en Los Lagos y sus alrededores, llegando hasta el centro de la ciudad, así como en el Bulevar Morelos y alrededores hacia el cerro del Bachoco; sin embargo los valores de educación más bajos se encuentran situados hacia las periferias propias de viviendas autoconstruidas, con asentamientos de hace unos 20 años o más.

Figura 6. Distribución de la renta



Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Factor de la educación



Fuente: Elaboración propia

Una vez integrados los cinco factores descritos, se lleva a cabo un análisis estadístico multivariado ordinario y geoespacial (OLS y GWR, en inglés) mediante el uso de SPSS 22 y ArcGis 10.2, con los cuales se procede a explicar las relaciones existentes entre los valores del suelo y los factores de mayor influencia. Previo a esto, se revisa la normalidad de la variable dependiente V_U_SUELO, determinando la situación de datos atípicos, posibles (outliers). Seguidamente se revisa el comportamiento normal de la variable dependiente aplicando la prueba de Kolmogorov-Smirnov (K-S) para verificar la "bondad de ajuste" que permite medir el grado de concordancia existente entre la distribución de un conjunto de datos y una distribución de probabilidad de tipo normal.

Ahora bien, la exhaustiva recolección de datos del valor del suelo habitacional y la diversidad de sus datos produce una concentración de información sesgada, por lo que es necesario realizar una reducción de los casos en exceso. Esto exige una reducción aleatoria en los rangos de alta concentración de casos, hasta obtener un comportamiento normal en la variable dependiente y su transformación de los datos con el LN_V_U_SUELO. Por lo que, de acuerdo a esto, en el análisis exploratorio de la prueba K-S se obtiene un p-valor = 0.048, lo cual es estadísticamente significativo puesto que para ser aceptado, el p-valor obtenido deberá ser mayor o igual a 0.05, lo cual se considera suficiente y se puede afirmar que no existen problemas importantes de normalidad en la variable dependiente transformada, Tabla 1.



Tabla 1. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

| | | V_U_SUELO | LOG_V_U_SUELO | LN_V_U_SUELO |
|------------------------------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| N | | 218 | 218 | 218 |
| Parámetros normales ^{a,b} | Media | 1493,694771 | 3,0921 | 7,1198 |
| | Desv. típica | 940,0833229 | ,62506 | |
| Diferencias más extremas | Absoluta | ,137 | ,092 | ,092 |
| | Positiva | ,137 | ,092 | ,092 |
| | Negativa | -,113 | -,057 | -,057 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 2,016 | 1,366 | 1,366 |
| Sig. asintót. (bilateral) | | ,001 | ,048 | ,048 |

a. La distribución de contraste es la Normal.

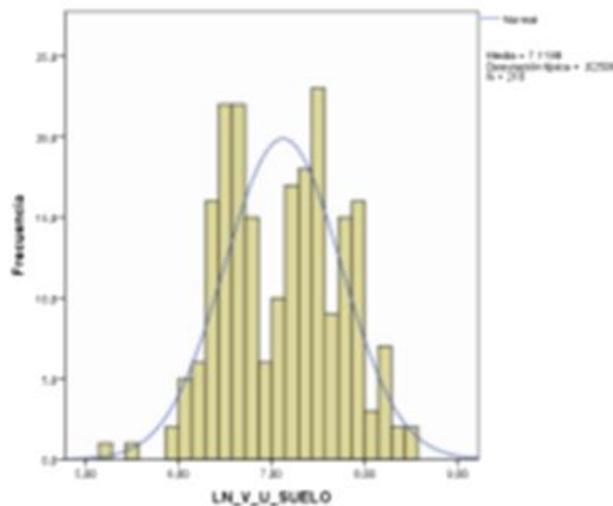
b. Se han calculado a partir de los datos.

Fuente: Elaboración propia

Lo anterior reduce la cantidad de casos de 427 datos del mercado inmobiliario del suelo, a una muestra normalmente distribuida de 218 casos, donde ya es posible llevar a cabo procedimientos como la regresión lineal múltiple, en la solución de modelos de precios hedónicos, que expliquen el comportamiento del valor del suelo a partir de los factores presentados.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra el histograma de distribución de frecuencias observando su parecido el cumplimiento de la normalidad de los datos de la variable dependiente transformada LN_V_U_SUELO.

Figura 8. Histograma de frecuencias del LN_V_U_SUELO



Fuente: Elaboración propia

3. Resultados

3.1 Análisis estadístico simple

El primer análisis se realiza explicando el valor del suelo (LN_V_U_SUELO), a partir de cada uno de los factores por separado, obteniéndose los resultados de la Tabla 2, donde se observa explicaciones de R^2 muy importantes en los factores de educación, consumo de agua y renta.

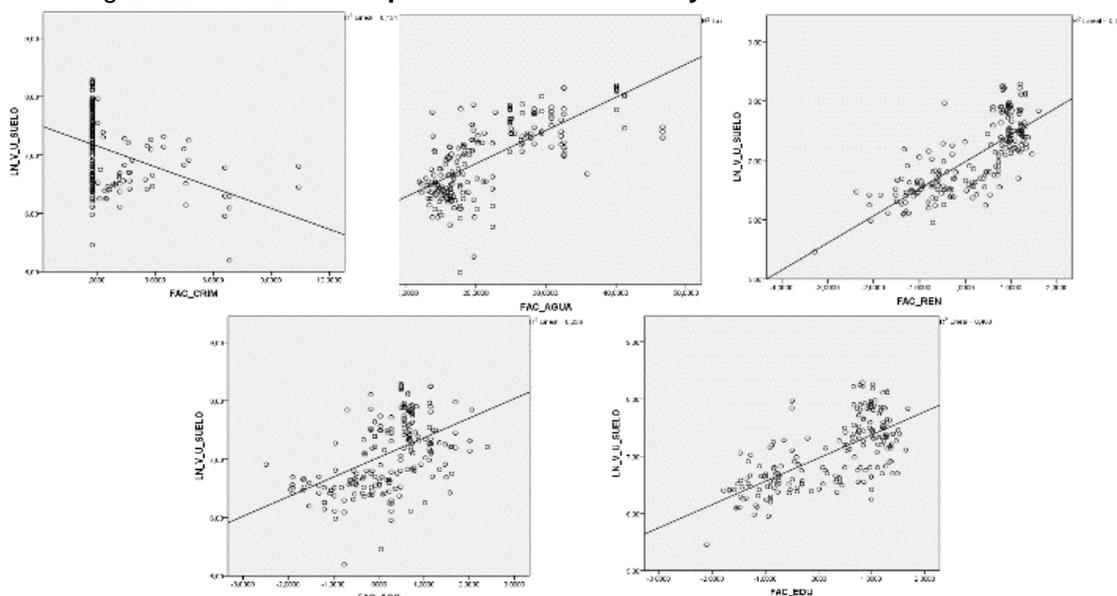
Tabla 2. Explicación del valor del suelo

| FACTOR | R ² |
|--------------------|----------------|
| De educación | 49.0% |
| De renta | 58.8% |
| De accesibilidad | 23.6% |
| De consumo de agua | 49.0% |
| De criminalidad | 12.4% |

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 1 se muestran los gráficos de dispersión del LN_V_U_SUELO y los factores, donde por si solos, cada uno de estos factores presentan explicaciones del logaritmo natural del valor del suelo, con R² que oscilan del 12.4% al 58.8%.

Figura 1. Gráficos de dispersión de los factores y el In del valor del suelo



Fuente: Elaboración propia

3.2 Modelo de Precios Hedónicos resuelto con estadística multivariada OLS

Se plantea el modelo de precios hedónico y se resuelve con la técnica de regresión lineal múltiple, en el software SPSS22, introduciendo el LN_V_U_SUELO como la variable dependiente y los cinco factores como las variables independientes, se procede a la solución del sistema aplicando como criterio de optimización, los mínimos cuadrados ordinarios (OLS), en un proceso de pasos sucesivos, con una probabilidad F de Snedecor de entrada 0.5 y de salida de 0.10. Los resultados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Coeficientes ^a

| Modelo | Coeficientes no estandarizados | | Coeficientes tipificados | t | Sig. | Correlaciones | | | Estadísticos de colinealidad | |
|---------------|--------------------------------|------------|--------------------------|--------|------|---------------|---------|--------------|------------------------------|-------|
| | B | Error típ. | Beta | | | Orden cero | Parcial | Semi parcial | Tolerancia | FIV |
| 2 (Constante) | 6,333 | ,081 | | 78,342 | ,000 | | | | | |
| FAC_REN | ,319 | ,029 | ,535 | 11,021 | ,000 | ,767 | ,623 | ,438 | ,672 | 1,488 |
| FAC_AGUA | ,031 | ,004 | ,405 | 8,352 | ,000 | ,711 | ,517 | ,332 | ,672 | 1,488 |

a. Variable dependiente: LN_V_U_SUELO

Fuente: Elaboración propia



Las variables reconocidas en el proceso corresponden a FAC_REN y FAC_AGUA, obteniendo una explicación de R^2 corregida de 69.5%, un error de 0.333, un Durbin Watson de 1.857, muy cercano al 2 que representa la nula existencia de correlación de los residuos del modelo, el análisis de la varianza con significancia muy cercana a cero, representativa de una fuerte correlación lineal de la variable dependiente con las independientes del modelo.

De igual forma se revisa que los residuos presenten media cero y una desviación estándar cercana a la unidad y que el modelo no presente indicios de heterocedasticidad. Lo anterior muestra que el valor del suelo se asocia fuertemente, en primera instancia, con zonas donde las personas presentan altos ingresos; y en segundo lugar, con consumidores de volúmenes altos de agua. La ecuación muestra de forma más explícita estas relaciones.

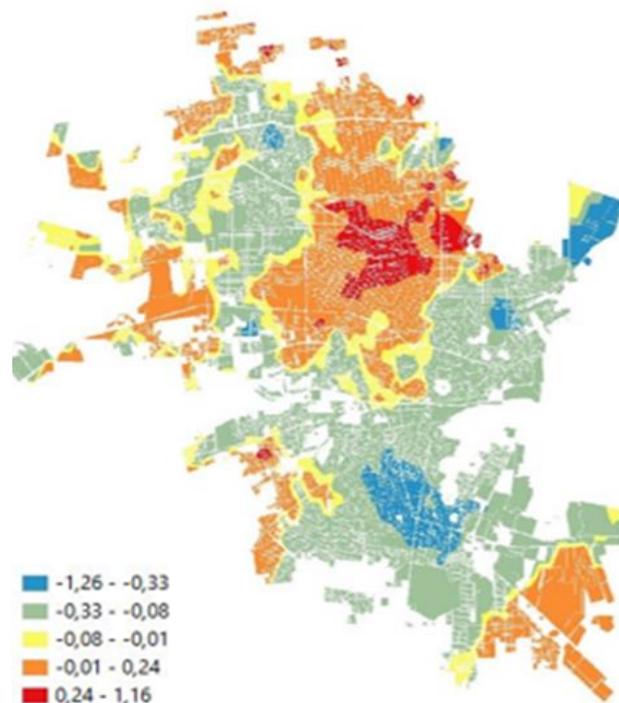
$$LN VU_{SUELO} = 6.333 + 0.319 FAC_{RENTA} + 0.031 * FAC_{AGUA}$$

3.3 Modelos de Precios Hedónicos con geoestadística multivariada GWR

Una vez obtenido el modelo estadístico que define el valor del suelo, a partir de los factores inmobiliarios, es necesario revisar posibles asociaciones espaciales de los indicadores del valor del suelo y del valor mismo. Para esto se obtiene un mapa temático de los residuos del modelo estadístico obtenido, mismo que para efectos de visualización se interpola en la mancha urbana de la ciudad, resultado que se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

Donde se observa que los residuos altos se asocian con otros residuos altos y los bajos con bajos, síntoma de una posible asociación espacial de los residuos del modelo, por lo que es conveniente revisar formalmente este fenómeno.

Figura 10. Distribución espacial de los residuos

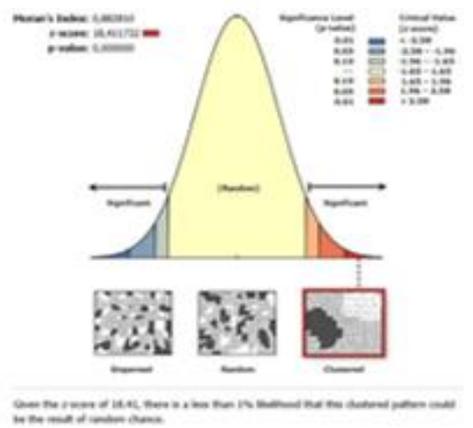


Fuente: Elaboración propia



Se aplica el Índice de Moran a los residuos del modelo de precios hedónicos resuelto por OLS y no presentan una autocorrelación espacial significativa, sin embargo, la variable dependiente LN_V_U_SUELO si presentan el fenómeno de asociación espacial. En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra un p-valor inferior a 0.05, con lo cual es muestra que la presencia de la auto correlación espacial positiva es significativa en más del 95%.

Figura 11. Auto correlación espacial valor del suelo



Fuente: Elaboración propia

Lo anterior sugiere una posible asociación espacial, por lo que se aplica la técnica de regresión geográficamente ponderada GWR, considerando una ponderación del tipo Gaussiano (kernel adaptativo) y un modelo de optimización por un número de vecinos de acuerdo con el Criterio de Información de Akaike (AICc).

La Tabla 4, muestra el número de vecinos promedio utilizado y sobre todo el valor de R² ajustada con el 78.99%, valor mayor que el obtenido a través de la regresión lineal múltiple, que proporcionó un R² ajustada de 69.65%. Así como el resto de los parámetros: cuadrado de los residuos, sigma, número efectivo y valor AICc, todos ellos dentro de lo que se considera un buen modelo.

Tabla 4. Información de salida

| CONCEPTO | INDICADOR | |
|-------------------|------------|---|
| Neighbors | 61 | |
| ResidualSquares | 15,499799 | |
| EffectiveNumber | 29,277086 | |
| Sigma | 0,2865831 | |
| AICc | 95,688838 | |
| R2 | 0,8172966 | |
| R2Adjusted | 0,7899215 | |
| Dependent Field | LN_V_U_SUE | 0 |
| Explanatory Field | FAC_REN | 1 |
| Explanatory Field | FAC_AGUA | 2 |

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 5, se presentan los valores principales obtenidos con la aplicación de la técnica GWR, en los primeros 21 puntos, de los 218 que componen la muestra.



Tabla 5. Modelo GWR a partir de los factores de renta y consumo de agua

| | Ln_V_U_O bser | Ind Cond | LocalR2 | Ln_V_U Predic | Intercept | C1_FAC_R EN | C2_FAC_A GU | Residual |
|----|-------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------------|------------------------|
| 0 | 8,39000000 000 | 10,8051845 8500 | 0,5187831 5305 | 8,1290397 0244 | 6,4099055 5014 | 0,3196611 1304 | 0,0363525 9580 | 0,2609602 9756 |
| 1 | 8,50000000 000 | 10,8070264 7620 | 0,4893246 2876 | 8,1244174 8067 | 6,4346068 8209 | 0,2996835 7625 | 0,0360296 9227 | 0,3755825 1933 |
| 2 | 8,51000000 000 | 10,6220619 3600 | 0,6183512 8696 | 8,1038349 6916 | 6,3493802 1417 | 0,3955299 5349 | 0,0356816 4154 | 0,4061650 3084 |
| 3 | 6,91000000 000 | 24,7020803 1260 | 0,2037566 4815 | 6,5069274 8798 | 7,7602560 7201 | 0,1580276 2870 | - 0,0704688 3502 | 0,4030725 1202 |
| 4 | 6,48000000 000 | 26,0344201 2210 | 0,1950270 9343 | 6,4525005 0965 | 7,6318285 0392 | 0,1149708 2486 | - 0,0675816 3837 | 0,0274994 9035 |
| 5 | 6,56000000 000 | 24,3844450 8360 | 0,2143354 6390 | 6,7398341 5086 | 7,6976095 6430 | 0,1939333 7008 | - 0,0640821 7006 | - 0,1798341 5086 |
| 6 | 6,51000000 000 | 23,6600688 1840 | 0,2140433 7009 | 6,7029055 8621 | 7,6791961 8515 | 0,1994630 0032 | - 0,0623002 2831 | - 0,1929055 8621 |
| 7 | 6,69000000 000 | 21,9730545 4420 | 0,2121643 1010 | 6,5190335 3336 | 7,6439923 4677 | 0,2097206 1343 | - 0,0585697 2317 | 0,1709664 6664 |
| 8 | 6,41000000 000 | 13,1547879 4550 | 0,3348229 4351 | 6,1226575 0188 | 6,5781322 4066 | 0,2425518 4292 | 0,0038004 8840 | 0,2873424 9812 |
| 9 | 6,46000000 000 | 12,9308786 1600 | 0,3461386 2145 | 6,3212616 1048 | 6,5719007 0084 | 0,2503453 0983 | 0,0043981 9704 | 0,1387383 8952 |
| 10 | 6,65000000 000 | 13,0328218 5770 | 0,3371305 5204 | 6,4058392 4698 | 6,5742771 3891 | 0,2442769 0462 | 0,0040187 3093 | 0,2441607 5302 |
| 11 | 6,66000000 000 | 13,3218655 5190 | 0,3327041 0534 | 6,4989571 8419 | 6,5918729 1761 | 0,2432597 5738 | 0,0030376 6647 | 0,1610428 1581 |
| 12 | 6,52000000 000 | 25,7307856 6430 | 0,2351372 4372 | 6,6010041 8093 | 7,4454912 8623 | 0,1017789 3626 | - 0,0591881 8342 | - 0,0810041 8093 |
| 13 | 6,19000000 000 | 20,7357740 0120 | 0,2473902 0161 | 6,4828759 6308 | 6,6718860 4100 | 0,2426267 0171 | 0,0003440 0564 | - 0,2928759 6308 |
| 14 | 6,59000000 000 | 23,0048516 5950 | 0,2214729 8603 | 6,6186250 6208 | 7,6025225 5535 | 0,2285026 0332 | - 0,0553632 1749 | - 0,0286250 6208 |
| 15 | 6,42000000 000 | 10,0674272 3780 | 0,6933068 8862 | 6,7458514 9343 | 5,9896085 7921 | 0,2562697 4500 | 0,0467719 3429 | - 0,3258514 9343 |
| 16 | 6,55000000 000 | 10,0172418 6060 | 0,6922911 0420 | 6,8008376 9008 | 6,0012992 5716 | 0,2550496 5496 | 0,0460447 5335 | - 0,2508376 9008 |
| 17 | 6,70000000 000 | 10,8085933 8650 | 0,6483477 9947 | 6,4380871 9162 | 5,9741542 6971 | 0,2445130 1368 | 0,0465958 3576 | 0,2619128 0839 |
| 18 | 6,14000000 000 | 11,9241461 1460 | 0,3800575 7488 | 6,3035221 9567 | 6,4768690 7217 | 0,2565896 2846 | 0,0104683 7611 | - 0,1635221 9567 |
| 19 | 6,51000000 000 | 11,9248487 5730 | 0,3806291 1855 | 6,4779437 7458 | 6,4781275 3334 | 0,2572835 6640 | 0,0104089 7854 | 0,0320562 2542 |
| 20 | 6,26000000 000 | 12,1875517 3200 | 0,3701932 7440 | 6,2977258 8907 | 6,5002137 7442 | 0,2545525 8069 | 0,0089603 4351 | - 0,0377258 8907 |

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Tabla 6, se comparan las características del modelo de regresión lineal múltiple, optimizado por mínimos cuadrados ordinarios (OLS) y el modelo GWR, donde se observan mejoras en los valores de R^2 , pero sobre todo, el valor de AICc que es menor en GWR, lo que implica la mejora del modelo GWR sobre el OLS.

Tabla 6. **Comparativa de resultados OLS y GWR**

| Modelo | R ² | R ² corregida | AICc |
|--------|----------------|--------------------------|----------|
| OLS | 0.6993 | 0.6965 | 156.9688 |
| GWR | 0.8173 | 0.7899 | 95.6888 |

Fuente: Elaboración propia

4. Conclusiones

Los análisis de regresión lineal simple muestran como el valor del suelo puede ser explicado por el factor de educación en un 49% o por el de consumo de agua en un 49% o por el de renta en un 59%, esto es, los factores de jerarquía social predominan en la formación del valor del suelo en la ciudad.

Los modelos obtenidos con la regresión lineal multivariada, muestran resultados que explica el valor del suelo en la ciudad, con un 69.65% de R² ajustada, a partir de los factores de renta y consumo de agua de la población. Donde la principal variable asociada es la renta de la población; esto es, las personas se ubican principalmente en función de sus características económicas. En segundo lugar aparece el consumo de agua, como elemento asociado al valor del suelo.

El factor de educación por si solo tiene una explicación del 49% del valor del suelo, pero no aparece en el modelo final ya que presenta una fuerte correlación (0.901) con el factor de renta. Esto es el valor del suelo urbano habitacional en la ciudad de Hermosillo, está fuertemente asociado con la renta, la educación y el consumo de agua.

El análisis de regresión geográficamente ponderado, considera el efecto de asociación espacial de los valores en la ciudad, con lo cual es posible encontrar y concluir con modelos individuales que logran mejorar la explicación anterior. Esto es, se muestra un cierto grado de asociación espacial de los valores de suelo altos con altos y valores bajos con bajos.

Bibliografía

AGUAYO, E. y CHAPA, J. C. *El robo a casa habitación en Monterrey, Nuevo León. ¿Un problema de localización?* En: *EconoQuantum*, 9 (1): 189-201. 2012. [En línea] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-66222012000100012

ÁREA DE GOBIERNO DE MEDIO AMBIENTE Y SERVICIOS DE LA CIUDAD DE MADRID. *Plan Municipal de Gestión de la Demanda de Agua en la Ciudad de Madrid*. Madrid: Área de Gobierno de Medio Ambiente y Servicios de la Ciudad de Madrid. 2005.

COLEGIO DE VALUADORES PROFESIONALES DEL ESTADO DE SONORA. *Valores del suelo para la ciudad de Hermosillo, Sonora*. Hermosillo: COVAPROES. 2013.

CONSEJO NACIONAL DE POBLACIÓN. *Índice de marginación por entidad federativa y municipio 2010*. [En línea] 13 de Marzo de 2010. Disponible en: http://conapo.gob.mx/en/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio



COOK, P. J. *The Demand and Supply of Criminal Opportunities*. En: Crime and Justice, 7; 1-27. 1986. [En línea] Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/1147515>

CORTÉS, Y. y PARRA, R. *Narcomenudeo: un neologismo para describir la venta de estupefacientes*. En: Revista Criminalidad, 53 (2): 37-71. 2011. [En línea] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-31082011000200003&script=sci_abstract&tlng=es

HINDELANG, M. J.; GOTTFREDSON, M. R. & GAROFALO, J. *Victims of personal crime - an empirical foundation for a theory of personal victimization*. Cambridge MA: Ballinger Publishing Co. 1978.

INSTITUTO MUNICIPAL DE PLANEACION URBANA. *implanhermosillo.gob.mx*. 18 de Octubre de 2006. [En línea] Fecha de Consulta: Noviembre de 2014 Disponible en: www.implanhermosillo.gob.mx

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA GEOGRÁFICA. *Censos y Conteos de Población y Vivienda*. [En línea] Disponible en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Municipios.aspx>. 2010

MORALES, E. E. *Ponderación del costo en el sistema de transporte que determine una tarifa equitativa*. Hermosillo: Universidad de Sonora. 2015.

OJEDA, A. *Análisis Socioespacial del Consumo de Agua Doméstica en Hermosillo Sonora*. Monterrey: Universidad Autónoma de Nuevo León. 2013.

SECRETARÍA DE SEGURIDAD PÚBLICA. 22 de Agosto de 2016. [En línea] Disponible en: https://drive.google.com/file/d/0B8wkB_wp-pwZWTExbGtHMzNwVjA/view

SHANDAS, V. y PARANDVASH, G. *Integrating Urban Form and Demographics in Water-demand Management: An Empirical Case Study of Portland Oregon*. En: Environment and Planning B: Planning and Design, 37, 1-18. 2009. [En línea] Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1068/b35036> DOI: <https://doi.org/10.1068/b35036>

URQUIJO, M. *El 60% de los robos se dan en cerradas*. En: El imparcial, pág. 1. 2016. (15 de Octubre de 2016).

VILALTA, C. J. *El robo de vehículos en la ciudad de México: patrones espaciales y series de tiempo*. En: Gestión y Política Pública, XX (1): 97-139. 2011. [En línea] Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-10792011000100003