

LA TELEDETECCIÓN COMO HERRAMIENTA PARA LA LOCALIZACIÓN DE ESPACIOS PROPENSOS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE. CASO: SUSTENTABILIDAD SOCIAL EN EL SURESTE DE LA ZONA METROPOLITANA DE LA CIUDAD DE TOLUCA

Alaidé Retana Olvera¹
Xanat Antonio Némiga

Resumen

La implementación de la teledetección en los estudios de sustentabilidad ayuda a los investigadores y a la sociedad, pues provee de información acerca de un problema específico en el territorio, el cual no solo se refiere a elementos espaciales, sino a su interrelación con los fenómenos sociales, culturales, económicos y políticos, que en conjunto forman el contexto sustentable. Para la investigación se desarrolló el caso de estudio de sustentabilidad social, limitando el espacio a un cuadrante del sur-este de la Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca (ZMCT). La metodología seguida se basa en tres etapas: procesamiento digital de imágenes satelitales; sistematización de los datos de los indicadores de bienestar social elegidos y la búsqueda de correlaciones entre crecimiento urbano y los indicadores de bienestar.

Palabras claves: Aglomeración urbana, teledetección, educación, salud, infraestructura urbana

Abstract

Remote sensing in the studies on sustainability helps researchers and society in general to provide the necessary information about a specific problem in the territory. This not only refers to spatial elements but also to the interrelationship among social, cultural, economic and political phenomena which make up the context of sustainability. The present work applies remote sensing techniques to analyze the services of health and education, as well as the urban infrastructure in relation to the impacts due to the urban growth in the South-East quadrant of the Metropolitan Area of the City of Toluca.

Key words: Urban agglomeration, remote sensing, urban infrastructure.

¹ Profesor Investigador Facultad de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Cerro de Coatepec s/n. Ciudad Universitaria, Toluca México, Código Postal 50110, México (722) 2781784, Correo electrónico. alai.retol@gmail.com

1. Introducción

La fuerte problemática que aqueja a nuestro planeta y a nosotros como entes tanto sociales como naturales, es algo que debe de ser tratado con diversidad científica y tecnológica. Pues es el ser humano el responsable de esta decadencia y es su deber el propiciar procesos neguentrónicos.

El fin no es que la tecnología prevalezca sobre el hombre, al contrario, es lograr que este la re-apropie social y naturalmente, ya que ha sido el fruto del esfuerzo y evolución del humano, pero tal parece que en vez de evolucionar hemos involucionado. Para medir el porcentaje de sustentabilidad existen diversos índices que proporcionan datos de la realidad, la cual es representada mediante expresiones matemáticas, es decir se pueden obtener datos de los diversos elementos que componen a un ecosistema, que en este caso es el humano, como los que se refieren a la cultura, educación, política, economía, medio físico y ramificaciones que estos conllevan.

Es en este sentido en el que un Sistema de Información Geográfica puede ayudar a la sociedad, pues provee de información acerca de un problema específico, en este caso será el de servicios de salud, educación e infraestructura urbana; que son tres de los factores principales a los que la sustentabilidad social se refiere. Esto proporcionará la información necesaria para saber cómo es que el crecimiento urbano ha impactado en la porción de estos servicios.

2. Planteamiento del Problema

El área Metropolitana de Toluca (AMT) ha mostrado un crecimiento vertiginoso en los últimos 50 años, implicado un aumento de la aglomeración urbana. Esto debido a varias causas, una de ellas es que el crecimiento de la ciudad no ha sido planeado, muestra de esto es la llamada autoconstrucción y otra es la construcción de desarrollos habitacionales en zonas no aptas para los mismos.

Ambos casos denotan que el crecimiento en número de viviendas no siempre implica un bienestar, el cual, por su complicada gama de indicadores, puede ser evaluado por diversos puntos de vista como el cultural, social, económico, político y ambiental. Entonces el análisis del bienestar es complejo, por lo que para fines del presente, se evaluarán los rubros de salud, educación e infraestructura urbana, los cuales son factores que impactan directamente en el estado de bienestar de la sociedad. Se evaluará si en las localidades de estudio el crecimiento urbano ha sido directamente proporcional al crecimiento de estos servicios, que implican un bienestar social.

En el modernismo se hablaba de una enfoque meramente antropogénico, que en la actualidad se está tratando de erradicar, sin embargo por la tendencia avasalladora del crecimiento humano, y por ende urbano, muestra una clara tendencia no solo a terminar con el concepto sino con la propia raza antropógena.

3. Delimitación Espacial

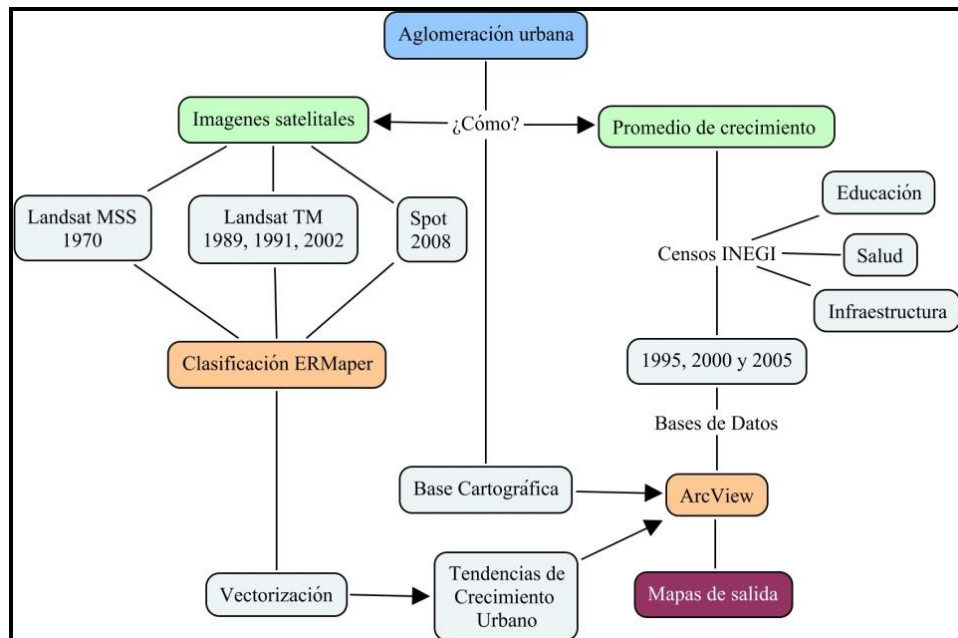
La Zona Metropolitana de la Ciudad de Toluca, de acuerdo con el libro “*Zonas metropolitanas y urbanas en México*”, se menciona que existe una perspectiva de homogeneidad de diversos municipios que comparten un espacio geográfico, así como dinámica económica y sociopolítica. *Considerando a Toluca, Lerma, Metepec, San Mateo Atenco y Zinacantepec como una de estas zonas, al grado de compararla con la zona metropolitana del valle de México* (Negrete, 2005: 56-75). Tomando en consideración esto y al análisis visual de imágenes satelitales que abarcan la década de los setenta, pasando por noventas y dos mil ocho, en el que se observó un vertiginoso crecimiento de diversas localidades, tomando un polígono regular, que abarcará los elementos antes mencionados, de lo cual se obtuvieron sesenta y tres localidades, cuyas coordenadas extremas son Norte 2°13'19.35.00 y Este 99°55'00.00, en proyección UTM.

4. Metodología

Se siguió una metodología basada en los elementos que un sistema de información geográfica debe de contener para arrojar datos fehacientes, la cual se muestra en el siguiente *esquema 1*. A continuación se describen los elementos metodológicos y su contenido:

4.1. Se localizaron cinco imágenes satelitales, a las cuales se les realizó su correspondiente georreferencia con *ArcCatalog*. Las imágenes son la siguientes: *Landsat MSS* 1972-1973; *Landsat MSS* 31 de enero de 1985; *Landsat TM* 10 de enero de 1991; *Landsat TM* 21 de marzo de 2000 y *Spot* 2008.

Figura 1. Esquema de Metodología



Fuente: Realizado por el autor

Quivera 2010-1

4.2 A las cinco imágenes satelitales se les realizó una clasificación supervisada en el ambiente de ERMMapper, en la que se clasificaron las áreas urbanas. Esto con la finalidad de localizar las zonas en donde ha existido el mayor crecimiento urbano en las cinco fechas.

4.3 Una vez localizadas estas áreas, en el mismo programa, se realizó una conversión de raster a vector mediante la creación de *datasets virtuales*.

4.4 Vectorizados los elementos se exportaron de ERMMapper a ArcView.

4.5 Se extrajeron los datos de los censos de 1995, 2000 y 2005, los cuales se referirán a los temas seleccionados, como se muestra a continuación:

- Salud
 - Personas con afiliación a un servicio de salud
 - Personas sin afiliación a servicios de salud
- Educación
 - Población analfabeta
 - Población de 6 a 14 años que sabe leer y escribir
 - Promedio de Grado escolar
- Infraestructura
 - Agua
 - Luz
 - Agua

4.6 Se utilizó una base cartográfica, la cual contendrá los siguientes elementos:

- Localidades
- División política
- Vías de transporte

4.7 Se realizaron las consultas que relacionen el crecimiento de la población con la cantidad de servicios en cada una de las décadas y se compararán con los datos obtenidos de las imágenes satelitales.

4.8 Se obtuvieron 13 mapas de salida en ArcView

4.9 Resultados y Conclusiones

5. Análisis

El alto proceso de industrialización en ZMCT, se ha llevó a cabo desde la década de los 40's cuando se instaló el corredor industrial que dio a Toluca un importante apogeo industrial que se consolidó en 1970.² A principios de 1960, se instalan las primeras industrias en lo que hoy conocemos como Parque Industrial Lerma,³ Parque Industrial Exportec I y Parque Industrial

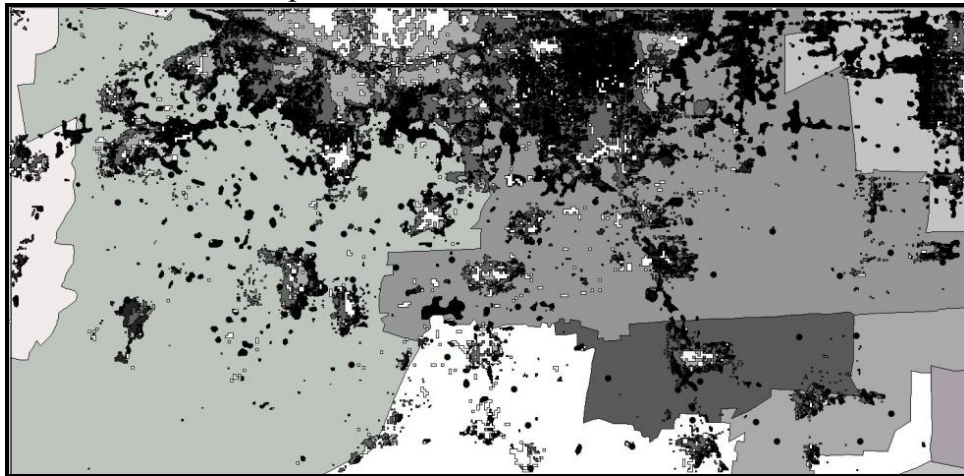
² <https://www.tienda.sepomex.gob.mx/SEPOMEXtienda/ProductDetail.aspx?ProductID=H9922>

³ <http://www.e-local.gob.mx/work/templates/enciclo/mexico/mpios/15051a.htm>

Quivera 2010-1

Exportec II. Por lo anterior, se puede considerar que es a partir de la década de los setenta se comienza con el fuerte crecimiento industrial, llevando consigo el incremento de la aglomeración urbana. Esto se observa en el Mapa 1, en el que se observa este crecimiento exponencial. Donde el blanco representa la década de los 70's y el negro la de 2008

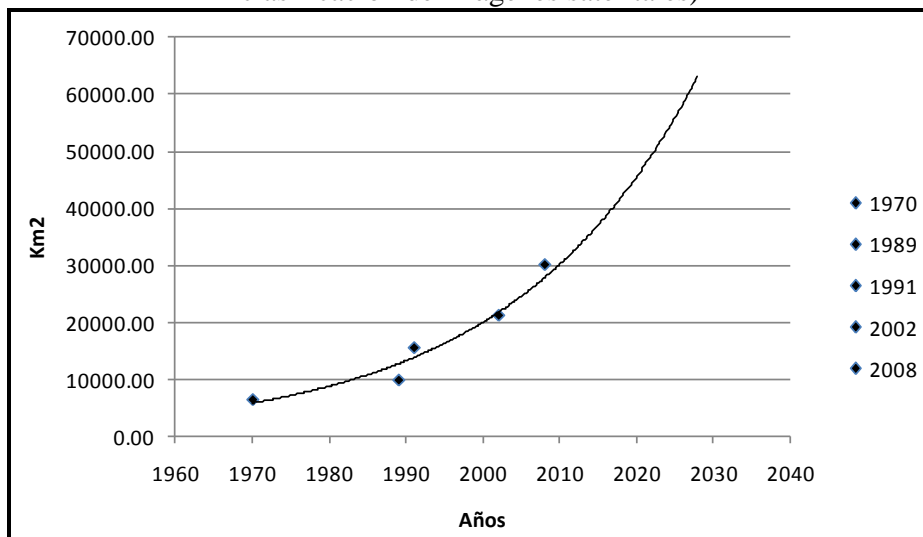
Mapa 1. Crecimiento de aglomeración urbana periodo 1970-2008 en la ZMCT



Fuente: Mapa realizado por el autor

El *mapa 1* es claro en cuanto a la expansión urbana se refiere, principalmente de la década de los setentas a la de los ochentas, en las que se presenta el mayor auge de industrialización. Así mismo de la década de los noventa a la actual, debido a la iniciativa de construcción de vivienda en masa.

Gráfica 1. Crecimiento de la aglomeración urbana, periodo 1970-2040 (Resultante de la clasificación de imágenes satelitales)



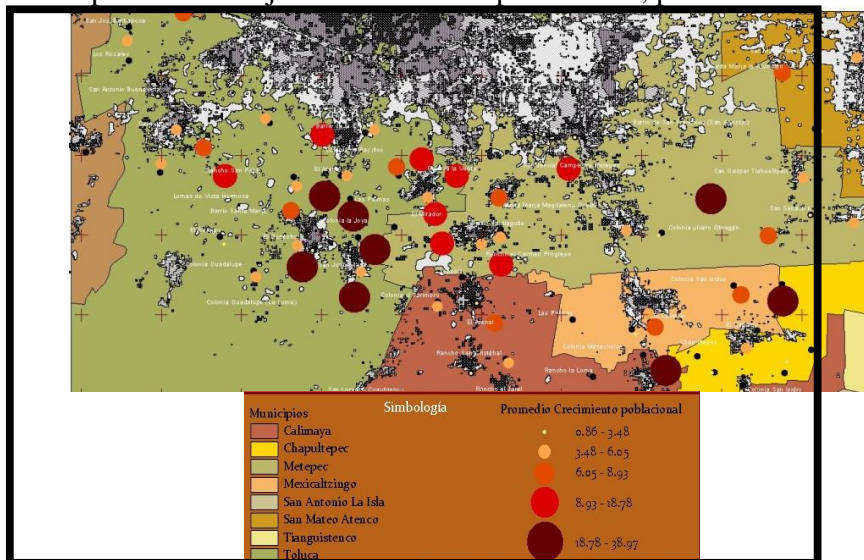
Fuente: Gráfica realizada por el autor

Quivera 2010-1

En el porcentaje de crecimiento entre cada uno de los periodos, se ve que el salto más grande se da de las de los setenta a los noventa, con 3% más de crecimiento, a diferencia de los noventa al 2000, en el que el porcentaje de crecimiento se mantiene constante. Cambiando vertiginosamente de principios del nuevo milenio al año actual, en el que el porcentaje se incrementa 4%. De seguir esta tendencia el área natural y agrícola se encontrará en un serio problema de sustentabilidad, pues la huella ecológica se desequilibrará exponencialmente, como lo muestra la línea de tendencia, que muestra que para el año 2040 estará cubierta un área de aproximadamente 70,000 km²

A continuación se mostrarán los mapas y gráficas resultantes del análisis espacial vinculado a los datos estadísticos referentes a la sustentabilidad social.

Mapa 2. Porcentaje de Crecimiento poblacional, periodo 1995-2005



Fuente: Mapa realizado por el autor

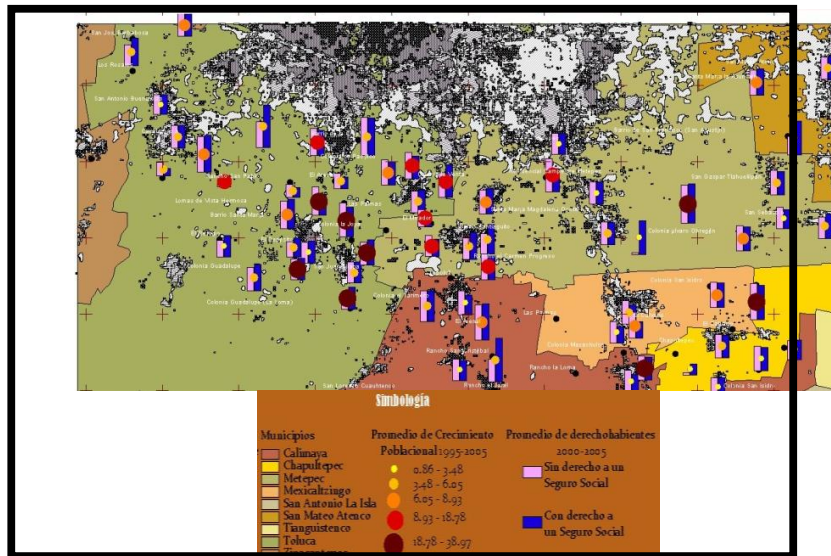
En el *mapa 2* se muestra el porcentaje de crecimiento poblacional que han tenido las localidades a lo largo de diez años, lo cual se compara con la mancha urbana obtenida de las imágenes satelitales.

El mayor promedio de crecimiento poblacional se encuentra entre 18.78% y 38.97%, como se puede observar en el mapa, las zonas donde se ubica este porcentaje es hacia el sur de la ZMCT, específicamente en Lomas de Vista Hermosa, Las Palmas, Santa Juanita de Santiago Tlacotepec, Colonia Guadalupe (La Loma), Colonia del Durazno, Colonia Arboledas, Rancho Santa Teresita, Rancho Los Jardón. Es claro que es en estas zonas en las que la aglomeración urbana se ha incrementado a partir de la década de los noventa, de seguir esta tendencia se formará una conurbación entre estas zonas.

Quivera 2010-1

Las localidades que se encuentran entre el 8.93 y 18.78, que serían aquellas que se encuentran en potencialidad de un alto crecimiento urbano son: San Miguel Zacango, Colonia de Pacífico, Paraje El Cornejal, Colonia La Venta, El Mirador, Colonia La Joya, Rancho el Carmen Progreso y Residencial Campestre Metepec. Estas localidades deben de estudiarse con cuidado, pues son las que en un futuro a corto y mediano plazo ocasionarán fuertes conflictos de servicios y ecológicos si no se les da la atención oportuna.

Mapa 3. Promedio de derechoahabientes periodo 2000-2005



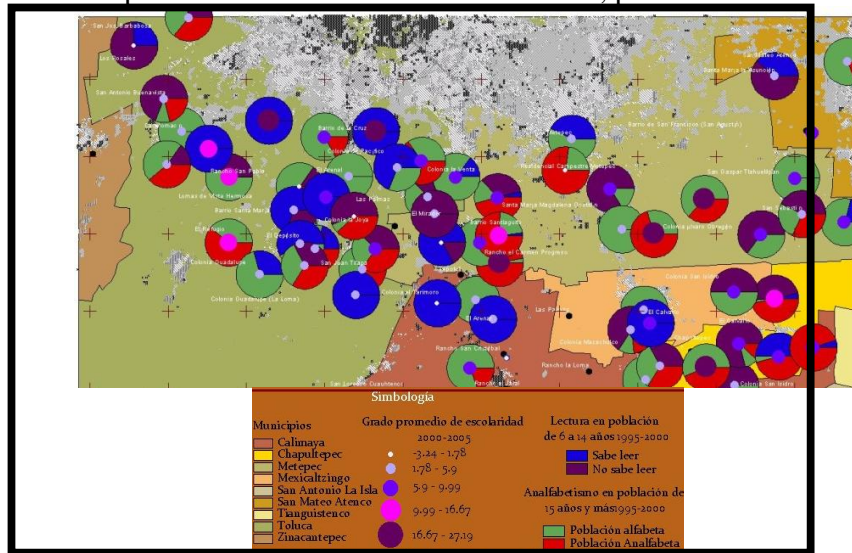
Fuente: Mapa realizado por el autor

En las zonas donde existe un menor porcentaje de crecimiento poblacional hay mayor cantidad de personas que cuentan con servicio de salud. La colonia el Durazno, Guadalupe, Rancho Los Jardón y La Venta, son las únicas localidades con alto porcentaje de crecimiento poblacional, que tienen un porcentaje mayor de población que cuenta con seguro de salud.

Lo anterior indica que no se ha dado abasto a la población creciente con el servicio de derechoahabientes, situación que indica un bajo bienestar social y que las localidades con menor porcentaje de crecimiento han dado un mejor abasto de este servicio.

Quivera 2010-1

Mapa 4. Promedio de crecimiento escolar, periodo 1995-2005



Fuente: Mapa realizado por el autor

Las localidades que en promedio tienen un mayor grado de escolaridad son La Macaria, Barrio de la Cruz, Rancho el Carmen Progreso, esta localidad también tiene uno de los mayores porcentajes de crecimiento en analfabetismo y en población del mismo modo que el Rancho Los Jardón, San Miguel Totocuitlapilco.

Tienen mayor analfabetismo en población mayor a 15 años Colonia el Refugio y Rancho el Carmen Progreso que tienen un promedio de 9.99% a 16.67% de grado escolar y un crecimiento poblacional promedio de 9.99 a 16.67, siendo proporcional el porcentaje que ha crecido proporcionalmente al grado de estudios con el crecimiento poblacional.

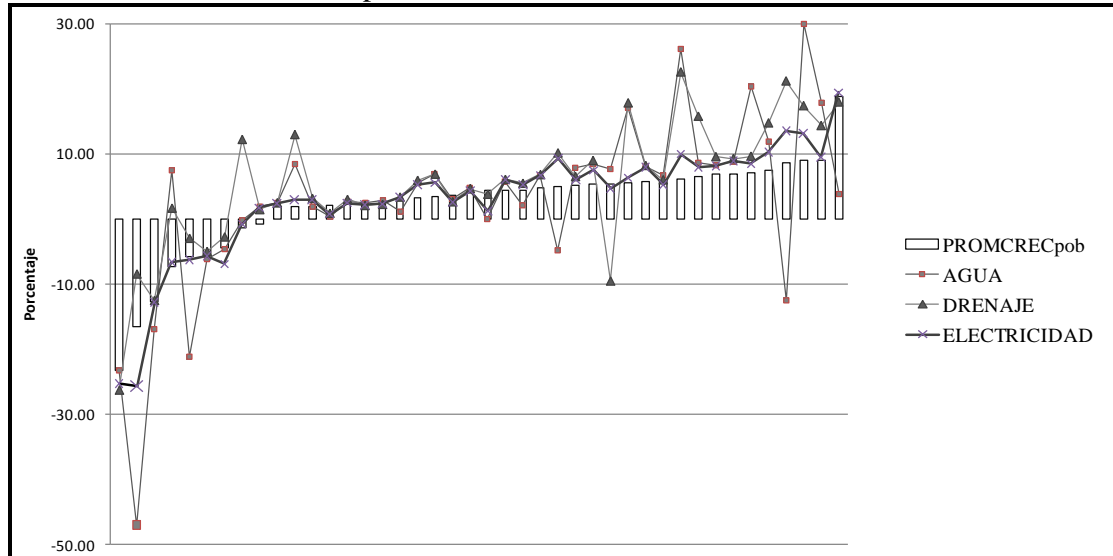
El paraje el Cornejal y Residencial Campestre Metepec tienen un alto porcentaje de crecimiento en analfabetismo y un crecimiento poblacional de 8.93% a 18.93% en una década, lo que implica que el crecimiento de su mancha urbana, es proporcional al del crecimiento poblacional y este a su vez en analfabetismo. Santa María Magdalena Ocotitlán tiene un aumento considerable de analfabetismo, teniendo también uno de los mayores porcentajes en población de 6 a 14 años que no sabe leer, del mismo modo que el Barrio Santiaguito, Rancho Santa Teresita, Colonia San Isidro, Colonia La Presa.

Aquellas que cuentan con mayor porcentaje de incremento en población de 6 a 14 años que no saben leer son: Las Palmas, Santa María La Asunción, San Lorenzo Coacalco, Santa María Magdalena, Colonia Mazachulco, Colonia San Isidro, Chapultepec, Colonia Álvaro Obregón, San Sebastián, Santa María la Asunción y El Mirador que cuenta con un alto porcentaje de crecimiento poblacional.

Quivera 2010-1

Estas localidades están denotando una grave falta de atención en el sector educación, sin embargo aquellas que no están respondiendo a la demanda debido al crecimiento poblacional son: Rancho el Carmen Progreso, Rancho Los Jardón, Rancho el Carmen Progreso, el Cornejal y Residencial Campestre Metepec, Santa María Magdalena Ocotitlán y el Mirador.

Gráfica 2. Promedio de crecimiento anual de infraestructura con respecto al crecimiento poblacional. Periodo 1995-2005



Fuente: Gráfica realizada por el autor

En lo que se refiere a los servicios de agua, luz y drenaje, se muestra que su porcentaje de crecimiento, en las localidades con mayor porcentaje de crecimiento poblacional, ha sido proporcional, con excepción de la Colonia Guadalupe y Lomas de Vista Hermosa, en las que el abasto de servicios no ha correspondido con su crecimiento poblacional; a diferencia de las localidades que tienen un menor porcentaje de crecimiento, pues estas muestran que el porcentaje de incremento en servicios de 1995 a 2005 ha sido proporcional. Con la salvedad del servicio del agua, que en muchos casos ha disminuido por la misma problemática que el elemento tiene y la relación de esto con el crecimiento de la aglomeración urbana.

6. Resultados

Los resultados se obtuvieron mediante el uso de un cuadro comparativo, en el que se conjuntaron los datos obtenidos de los promedios de crecimiento en cada una de las localidades con rango de crecimiento de 8.93% a 33.97% (localidades con alto porcentaje de crecimiento urbano) y de 0.86% a 3.18% (localidades con bajo porcentaje de crecimiento), los datos son: crecimiento poblacional, educación, salud e infraestructura. Se hace la comparación del crecimiento urbano dentro de la aglomeración urbana y el crecimiento en los servicios anteriores, los cuales, si es que la localidad ha sido capaz de sustentar a lo largo del periodo de estudio

Quivera 2010-1

(1995-2005) entonces los promedios de crecimiento serán en la misma proporción. Aquellas que no cumplan con esto se les proporcionó de un color amarillo en los datos, con lo que se podrá observar cuales son aquellas localidades que tienen mayores problemas en su sustentabilidad social con referencia al crecimiento urbana y en que rubros.

Tabla 2. Comparación de porcentajes del crecimiento urbano e incremento en el porcentaje de servicios, periodo 1995-2005

Localidad	Problemática										
	Servicios de Salud		Educación						Infraestructura		
	Promedio de crecimiento anual										
	%	Sin derecho	Con derecho	alfabeta	analfabeta	Sabe leer	NO sabe leer	Grado escolar	agua	luz	drenaje
Las Palmas	18.78 -38.97	56.92	37.35	10.77	66.67	-6.25	0	0.27	30.43	24.11	31.08
Colonia Guadalupe (La Loma)		11.58	24.86	4.35	-8.43	1.82	-37.50	3.58	7.67	4.71	-9.52
Colonia del Durazno		8.35	18.18	69.74	92.59	Sin dato	Sin dato	7.37	19.57	20.43	24.89
Colonia Arboledas		12.08	7.49	Sin dato	Sin dato	Sin dato	Sin dato	3.01	28.31	27.90	31.69
San Miguel Zacango	8.93 y 18.78	-79.31	-44.33	17.51	0	-22.58	11.11	14.63	-16.95	-12.89	-12.50
Colonia de Pacífico		27.89	18.12	13.88	2.82	-10.78	-8.11	7.20	19.17	13.89	14.60
Paraje El Comejal		23.88	8.18	27.46	50	-37.88	100	8.54	36.59	14.11	14.46
Colonia La Venta		18.21	51.35	14.68	-29.41	2.56	-60	6.10	20.86	14.49	17.33
El Mirador		-16.92	-80.30	-2.70	-11.11	-8.57	100	2.10	-13.24	-6.98	-5.41
Colonia La Joya	-1.33	-18.28	-30.88	-33.33	54.17	11.11	1.78	-47.06	-25.74	-8.45	
Rancho el Carmen Progreso		28.57	14.29	3.57	100	52.38	-100	26.44	37.78	19.44	25.93
Residencia 1 Campeste Metepec		55.07	4.55	14.74	42.86	-11.43	0	-3.24	3.72	19.37	17.90
San Antonio Buenavista	0.86-3.48	-4.95	-6.20	9.34	20.78	-10.72	67.65	4.40	0.35	0.71	0.86
Metepec		0.15	1.62	3.89	3.32	2.88	-20.21	3.83	2.46	2.34	2.46

Fuente: Tabla realizada por el autor

Conclusiones

Se evaluó el crecimiento de aglomeración urbana de las sesenta y tres localidades, enfocándose a las de mayor crecimiento urbano, en los campos de salud, educación e infraestructura. Además del análisis del crecimiento de la aglomeración urbana mediante imágenes satelitales, entendiendo su patrón histórico en cuanto a su crecimiento con la dotación de los servicios estudiados. De lo que se obtuvo lo siguiente:

De forma general todas las localidades estudiadas, tienen problemas en el rubro de la educación, pero de forma particular, aquellas que presentan una fuerte problemática en dos o tres de los aspectos estudiados (educación, salud e infraestructura) son:

- Las Palmas (salud y educación), *El Mirador*(salud, educación e infraestructura), *Colonia La Joya* (salud, educación e infraestructura), *Residencial Campestre Metepec* (salud, educación e infraestructura), *San Antonio Buenavista* (salud, educación e infraestructura) y *San Miguel Zacango* (salud, educación e infraestructura), *Santa María Nativitas* (salud y educación) y *Colonia Guadalupe* (educación e infraestructura).
- Las que presentaron un crecimiento paralelo en cuanto a lo urbano y servicios son: *Colonia del Durazno*, *Colonia Arboledas*, *Rancho el Carmen Progreso*, *San Lorenzo Coacalco*, *San Miguel Totocuitlapilco*, *San Sebastian*, *Colonia Mazachulco*, *San Lorenzo Cuahutenco*, *San Andrés Ocotlán*, *Rancho Vista Hermosa* y *San Bartolito Tlaltelolco*.
- Existe una mayor cantidad de localidades de bajo crecimiento urbano y que tienen un mayor porcentaje de crecimiento en los servicios, lo cual no sucede con aquellas que tienen un alto porcentaje de crecimiento. Con lo que se concluye que una localidad con un menor crecimiento urbano puede dotar de mayor cantidad de servicios a su población.
- En la zona sureste de la ZMCT no existe un crecimiento social sustentable de la su aglomeración urbana y la dotación de servicios de salud, educación e infraestructura. Lo que implica que no hay un desarrollo planeado enfocado al bienestar social.

Bibliografía

- Arellano, Castro Ricardo. 1996. *Estado, Ciencia, Tecnología y Desarrollo en México*. Ed. UAEMex. México. 1996.
- Barry, C. Field. *Economía Ambiental*. Ed. MGH.
- Censos Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 1995-2005
- Cervantes, Borja Jorge y Calderón Sánchez Carlos. *Evaluación de los cambios y transformaciones del paisaje en la zona perimetropolitana de la Ciudad de México*. Instituto de Geografía de la UNAM.

Quivera 2010-1

- Franco, Alvaro. *Tendencias y teorías en la salud pública*
- Negrete, Salas María Eugenia y SALAZAR, Héctor. *Zonas Metropolitanas de México. Estudios demográficos y Urbanos*. Vol. I. pp. 56-75
- Rojas, Bustamante Alicia, MARTÍNEZ, Luna Víctor Manuel. *Diagnóstico y pronóstico de los cambios de uso de suelo en la región centro de México*. Instituto de Geografía de la UNAM
- Torres, Guillermo Cabral. 2005. *Introducción a la economía-política-ecológica*. Ed. P y V. UACH