

# 07

---

Fecha de presentación: marzo, 2021

Fecha de aceptación: mayo, 2021

Fecha de publicación: agosto, 2021

## ANÁLISIS DEL ÍNDICE VERDE URBANO Y CRECIMIENTO DE LA CIUDAD DE MACHALA EN LOS PERIODOS 2000-2018

### ANALYSIS OF THE URBAN GREEN INDEX AND GROWTH OF THE CITY OF MACHALA IN THE PERIODS 2000-2018

Estefanía Abigail Pulla Morocho<sup>1</sup>

E-mail: [epulla3@utmachala.edu.ec](mailto:epulla3@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4690-4094>

Byron Hernaldo Rodríguez Ortega<sup>1</sup>

E-mail: [brodrigue2@utmachala.edu.ec](mailto:brodrigue2@utmachala.edu.ec)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8114-2910>

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Pulla Morocho, E. A., & Rodríguez Ortega, B.H. (2021). Análisis del Índice Verde Urbano y crecimiento de la ciudad de Machala en los periodos 2000-2018. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(2), 47-52.

#### RESUMEN

Las áreas verdes hoy en día representan componentes importantes para la organización, desarrollo y funcionamiento de las ciudades. Estos espacios permiten mantener y alcanzar un equilibrio ecológico entre la biodiversidad y el ser humano. El presente artículo se basó en el análisis del Índice Verde Urbano y crecimiento en la ciudad de Machala, Provincia de El Oro, en los periodos 2000-2018, con la finalidad de conocer cuáles son los valores adecuados de áreas verdes que deberían encontrarse en esta ciudad. Esta investigación posee un enfoque cuantitativo porque se recolectó y analizó datos estadísticos, y según su alcance es de carácter descriptivo debido a la predicción, identificación y relación entre dos o más variables. Para la recolección y procesamiento de información cartográfica se utilizaron los programas Google Earth Pro y ArcGIS, como base de datos se consideró el informe de proyección de población dado por el INEC y, por último, con el geo portal del MAAE se obtuvieron las capas de Cobertura de Uso de Tierras para definir el área de Zona Antrópica. Como resultado se obtuvo un total de 2,73 m<sup>2</sup>/Hab de IVU, lo que significa que no cumple con la recomendación dada por la Organización Mundial de la Salud.

#### Palabras clave:

Índice Verde Urbano, Machala, crecimiento poblacional, SIG.

#### ABSTRACT

Green areas today represent important components for the organization, development and operation of cities. These spaces allow maintaining and achieving an ecological balance between biodiversity and human beings. This article was based on the analysis of the Urban Green Index and growth in the city of Machala, Province of El Oro, in the periods 2000-2018, in order to know what are the appropriate values of green areas that should be found in this town. This research has a quantitative approach because statistical data was collected and analyzed, and according to its scope it is descriptive in nature due to the prediction, identification, and relationship between two or more variables. For the collection and processing of cartographic information, the Google Earth Pro and ArcGIS programs were used, as a database the population projection report given by the INEC was considered and, finally, with the MAAE geo portal the layers of Land Use Coverage to define the Anthropic Zone area. As a result, a total of 2.73 m<sup>2</sup>/Hab of UTI was obtained, which means that it does not comply with the recommendation given by the World Health Organization.

#### Keywords:

Urban Green Index, Machala, population growth, GIS, Machala, GIS.

## INTRODUCCIÓN

Se considera flora urbana a los grupos de árboles, redes o sistemas arbolados que se ubican en áreas urbanas y periurbanas, incluyendo de tal manera bosques y árboles en calles, parques y jardines. En países en desarrollo se ha evidenciado un incremento exponencial de la urbanización y al extenderse estas áreas, se difuminan las fronteras urbanas, periurbanas y rurales. A nivel mundial se ha visto multiplicado el crecimiento urbano hasta el punto de más del 50% de la población se sitúa en ciudades, ante estas estadísticas se han ejecutado estudios ecológicos los mismos que incluyen un elemento importante para el desarrollo humano como son el establecimiento de arbolado en los alrededores de las urbes (Padullés, et al., 2018).

En las ciudades latinoamericanas, el arbolado urbano ha ido tomando fuerza en los últimos años, sin embargo, no se han contado con registros oficiales que detallen el nivel de evolución de las arborizaciones urbanas en cada país, pero se han evidenciado programas en ciertos países que han impulsado el aumento de estas áreas (Molina & Acosta, 2018). De acuerdo con Zhang, et al. (2017), afirman que la existencia de espacios verdes contribuye positivamente a la calidad del medio ambiente y del ser humano, posibilitando el bienestar del entorno natural. Por otro lado, según estudios realizados en Argentina destacan que el arbolado al brindar servicios ambientales favorece en gran magnitud a condiciones físicas, emocionales y estéticas de las ciudades otorgando identidad y significado a cada área y espacio (Duval, et al., 2020). Dentro de Ecuador, se registran varias provincias con una alta cantidad y variedad de vegetación urbana, como por ejemplo se sitúan Napo y Zamora Chinchipe; de acuerdo a datos estos espacios verdes se localizan principalmente en parterres, veredas y parques (Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2013).

En el territorio ecuatoriano un 46% de los municipios no cumplen con los requerimientos y recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud. Entre los datos se registra la Provincia de El Oro y la ciudad de Machala y Atahualpa como los cantones con los menores valores de Índice verde urbano (IVU), esto de acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Ecuador (2013), las cifras correspondientes a estos cantones son de 0,82 y 0,02 respectivamente, indicando de esta manera que la escasa existencia de flora urbana dentro de estas ciudades.

A nivel ambiental el tema de las áreas verdes urbanas genera varios beneficios entre los principales la purificación del aire, la reducción de niveles de

materiales contaminantes en la atmósfera, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero, la mitigación del cambio climático, la minimización de niveles de ruido, el fortalecimiento al ciclo hidrológico y su contribución en la gestión de aguas pluviales. Un árbol hoy en día se ha convertido en un elemento esencial dentro de los paisajes de las ciudades, este brinda y otorga beneficios dentro del orden ambiental, estético, paisajístico, recreativo, social y económico, los cuales son altamente aprovechados por los pobladores locales constituyéndose en aspectos vitales dentro de las urbes (Reyes Avilés & Gutiérrez Chaparro, 2010).

De manera general, los árboles se caracterizan por poseer una gran capacidad configuradora y ordenadora de los espacios urbanos; entre los beneficios otorgados por los árboles se consideran los siguientes: control de contaminación, regulación de clima, protección de cuencas y cuerpos de agua, aporte cultural y simbólico y recreación (Roger, et al., 2016). Para los autores Morales Cerdas, et al. (2018), enfatizan que dentro del aporte recreacional se ubican la convivencia, socialización, descanso y deporte beneficiando directa y especialmente a niños y adultos mayores. El IVU es un indicador que representa la cantidad de áreas verdes urbanas, predominando en ellas la vegetación dentro del entorno, esto es manejado por entes públicos como municipios, gobiernos provinciales, regionales o Estado. La importancia de la existencia de espacios verdes dentro de las urbes radica en la contribución para el mejoramiento de la vida y salud de cada habitante, la facilidad para el acceso a la práctica de deportes, recreación e integración social, adicionalmente estas áreas favorecen en la disminución del impacto ocasionado por los altos niveles de densidad y edificación (Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2013).

La presente investigación tiene por objetivo principal la estimación del índice verde urbano para el año 2020 en la ciudad de Machala, y su relación con el crecimiento urbano. Permite conocer el estado de calidad de vida de los habitantes de la urbe desde el punto de vista del IVU.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación es de tipo descriptiva, debido a que muestra el conocimiento real que aparece en un tiempo y espacio determinado. No se limita a la recopilación de datos, sino que también incluye la predicción e identificación de la relación que existe entre dos o más variables. Presenta un enfoque cuantitativo ya que utiliza la recolección y el análisis de datos para la medición y análisis estadísticos, como lo menciona el autor (Rojas Cairampoma, 2015).

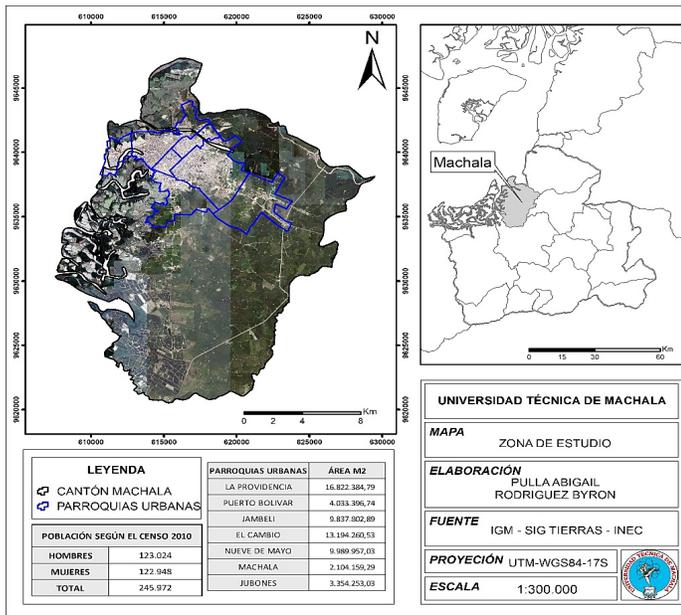


Figura 1. Zona urbana del cantón Machala.

Para la presente investigación se consideró como zona de estudio la zona urbana del cantón Machala, capital de la Provincia de El Oro. La ciudad posee una extensión aproximada de 37.275,23 ha, equivalente al 6,49% de la superficie total de toda la provincia. Limita al norte con el cantón El Guabo, al sur con el cantón Santa Rosa, al este con el cantón Pasaje y al oeste con el Archipiélago de Jambelí (Ecuador. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Machala, 2018). La capital se destaca por su sector agrícola productivo, de gran movimiento comercial y poseer su propio puerto de exportación, de principalmente banano. Se considera una de las principales ciudades del país ya que en los últimos 20 años ha presentado un gran incremento poblacional (García Batista, et al., 2017).

### Estimación del Índice Verde Urbano

Para el desarrollo de esta variable se ha seleccionado las categorías de áreas verdes propuestas en la metodología usada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (2013), de Ecuador, siendo aquellas que se encuentren bajo jurisdicción de los municipios dentro del área urbana del cantón, y se agregará las áreas verdes de las urbanizaciones como se expresa en la Tabla 1, ya que las urbanizaciones privadas forman parte del crecimiento urbano de una ciudad como lo indica (Malizia, 2011). Además se justifica con la reforma a la ordenanza de fraccionamiento y urbanizaciones emitida por el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Machala donde se establece en el artículo 17 que toda urbanización deberá cumplir con un mínimo de 10% y un máximo de 20% de áreas verdes del total del terreno urbanizado.

Tabla 1. Áreas verdes consideradas para el cálculo del IVU.

Áreas verdes	Descripción
Parques	Área que garantiza un espacio libre para la recreación y ocio de los habitantes de la ciudad.
Plazas	Espacio ancho y espacioso entre edificios para usos de adorno y desahogo.
Jardines	Área destinada para la ornamentación de un espacio.
Canchas deportivas	Espacio destinado para la práctica de deportes que no estén dentro del área de un parque.
Estadios	Área cerrada con graderías para uso de competiciones deportivas.
Otras áreas verdes	Parterres, Riberas, Lotes baldíos, Cementerios, y Redondeles.
Urbanizaciones	Área verde equivalente al 10%-20% del total de terreno urbanizado.

El levantamiento de información se la realizó a través del programa Google Earth Pro, el cual permitió la visualización de imágenes satelitales para la toma de puntos de coordenadas bajo el sistema de referencia con proyección UTM zona 17 Sur a la cual pertenece el Ecuador según el Instituto Geográfico Militar (2013). A partir de la información cartográfica generada con este software se calculó el área en metros cuadrados de todas las áreas recomendadas por el INEC a través del programa ArcGIS versión 10.2.1. La recolección de la información del área verde de las urbanizaciones se la realizó en la base de datos del Gobierno Autónomo Descentralizado de El Oro, el cual archiva expedientes sobre los proyectos que operan en la provincia entre los cuales están las urbanizaciones privadas. Posteriormente con todos los datos recolectados se aplicó la herramienta Excel para realizar la representación estadística de la información obtenida. Para la variable de densidad poblacional se usó la base de datos del informe de proyección de la población ecuatoriana por cantones para el año 2020 realizado por el INEC.

El último cálculo del Índice Verde Urbano fue realizado en el año 2012 y publicado el 2013, por ello se pretende actualizar esta información para el cantón Machala; el crecimiento demográfico en las áreas urbanas ha originado el esparcimiento de la población hacia las zonas periféricas de la ciudad (Cujilema, 2015). Con el resultado total de las variables de áreas verdes y densidad poblacional, se aplicó la siguiente

fórmula estadística para el cálculo del Índice Verde Urbano:

$$IVU = \frac{\text{Total de áreas verdes (m}^2\text{)}}{\text{Número de habitantes de la zona de estudio}}$$

### Análisis del crecimiento urbano

Para determinar el crecimiento urbano de Machala se descargó las capas cartográficas de Cobertura y Uso de la Tierra de los periodos 2000 y 2018 de la página oficial del Ministerio del Ambiente y Agua (MAAE), y a través del programa ArcGis se procesó la información obtenida aplicando la herramienta Clip para recortar los shapefiles al límite del cantón, y definir el uso de cobertura de Zona antrópica. Para ambos periodos este proceso se repitió, y de esta manera se contrastó en un mapa el crecimiento que se ha dado en la ciudad de Machala durante los periodos mencionados.

Como parte del análisis del crecimiento urbano se consideró a las urbanizaciones como un sector clave para la expansión de la ciudad, por ello se realizó la toma de coordenadas de las urbanizaciones con la herramienta Google Earth Pro para formar polígonos de referencia en el programa ArcGis. Finalmente se sobrepuso las capas de la zona antrópica para el periodo 2000, 2008 y los polígonos de las urbanizaciones con la finalidad de obtener una imagen visual del impacto de las urbanizaciones en el crecimiento urbano en la ciudad de Machala.

## RESULTADOS Y DISCUSIONES

### Estimación del Índice Verde Urbano

Considerando la metodología aplicada por el INEC y el anexo de la categoría del área verde de las urbanizaciones, se obtuvo un valor de 773.319,25 m<sup>2</sup> de área verde total en la ciudad de Machala. En la Figura 2 se evidencia como se encuentran distribuida el área general obtenida durante esta investigación.

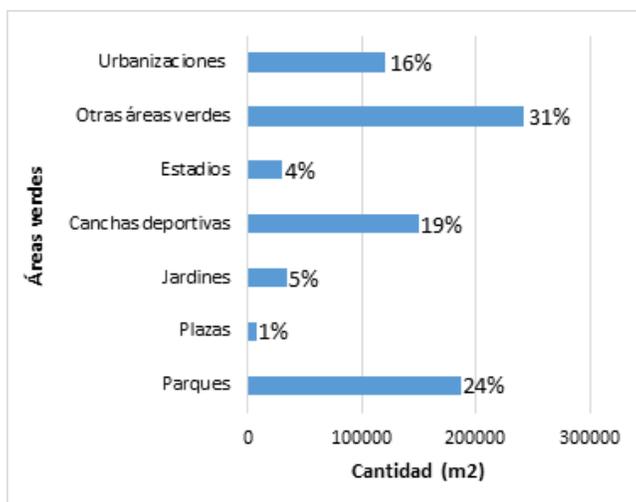


Figura 2. Áreas verdes de la zona urbana del cantón Machala.

El mayor porcentaje, 31% les corresponde a otras áreas verdes y es evidente ya que aquí se encuentran englobadas zonas como parterres, riberas, lotes baldíos, cementerios, y redondeles. El 24% pertenece a parques construidos para libre recreación y momentos de ocio, mientras que el 19% pertenece a canchas deportivas a fin de usos de práctica o entrenamiento de diferentes deportes. Y las urbanizaciones representan el 16% de las áreas verdes de la ciudad; mencionando las áreas más importantes.

Según la proyección del INEC la densidad poblacional del cantón para la zona urbana es de 283.358 habitantes para el año 2020, y la tasa de crecimiento promedio para la población urbana del Cantón es de 1,40% anual. En la Tabla 2 se presenta la densidad poblacional desde el censo del 2001 hasta la proyección de la población para el año 2020, considerando zonas urbanas y rurales.

Tabla 2. Historial y proyección de la densidad poblacional del cantón Machala.

	Número de habitantes		
	Zona Urbana	Zona rural	Total
Censo 2001	204.578	13.118	217.696
Censo 2010	241.606	4.366	245.972
Proyección 2020	283.358	5.783	289.141

Finalmente, en la Tabla 3 se presenta la estimación del Índice Verde Urbano, el cual se mide en m<sup>2</sup>/habitante y es una representación del espacio físico con fines de recreación que puede ser ocupado por las personas o zonas abiertas que generen bienestar a los habitantes de la ciudad a través de las funciones ecológicas que puede brindar un área verde.

Tabla 3. Cálculo del Índice Verde Urbano.

Área verde (m <sup>2</sup> )	Proyección de la población urbana año 2020	IVU
773.319,2507	283.358	2,73

El valor aproximado del Índice verde urbano obtenido durante esta investigación fue de 2,73 m<sup>2</sup>/habitante a comparación de la estimación proporcionada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos en el año 2012 que fue de 0,82 m<sup>2</sup>/habitante. Durante un periodo de 8 años el IVU ha aumentado considerablemente, sin embargo, la estimación del año 2020 no cumple con la recomendación mínima de 9 m<sup>2</sup>/habitante citada por la Organización Mundial de la Salud.

## Análisis del crecimiento urbano

En la ciudad de Machala durante el periodo 2000, la zona antrópica tuvo un área de 1.767 ha, destinadas a esta cobertura de suelo. Para el siguiente periodo de estudio 2018 la cobertura antrópica ascendió a 3.407 ha, representando una tasa de crecimiento del 93% entre ambos periodos. Un aspecto importante para el crecimiento de una ciudad son las urbanizaciones, ya que generalmente se ubican en zonas periféricas y marcan la trayectoria hacia dónde va a crecer la urbe. En la Figura 3 se puede evidenciar la distribución de las urbanizaciones que se encuentran en operación y fueron identificadas hasta la fecha de elaboración de este artículo.

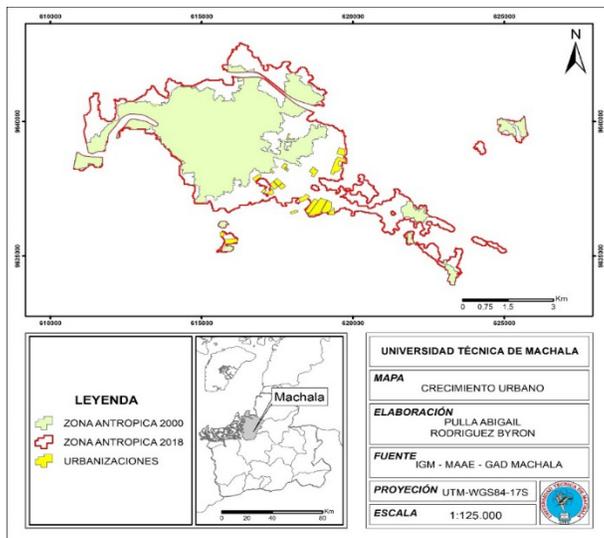


Figura 3. Crecimiento urbano de la ciudad de Machala.

Se puede apreciar que las urbanizaciones se encuentran ubicadas al este del casco urbano, siendo precisamente la dirección hacia la cual creció la ciudad durante el periodo 2000-2018. Durante los años mencionados la urbe ha crecido de forma horizontal siguiendo el patrón de crecimiento de las urbanizaciones privadas, las cuales se ubican en zonas periféricas que con el tiempo forman parte de la urbe como lo indica (Soto Cortés, 2015). A causa del crecimiento poblacional y la demanda de viviendas, las ciudades desplazan tierras de uso agrícola o natural en el proceso de expansión dado de forma horizontal.

## CONCLUSIONES

Las ciudades son centros urbanos donde se concentran la mayor parte de la población y, por ende, es necesario realizar estudios de la misma y el establecimiento de áreas verdes para alcanzar la interacción entre personas y naturaleza (Reyes & Figueroa, 2010). Dentro de una urbe predominan las edificaciones y vías, dejando poco espacio a las áreas verdes. Para el caso de Machala el Índice Verde Urbano aproximado se encuentra en 2,73 m<sup>2</sup>/habitante el cual es más bajo de lo recomendado por la Organización

Mundial de la Salud. Este indicador nos demuestra que en Machala la calidad de vida en cuanto al medio ambiente se encuentra por debajo del umbral y es necesario invertir en la construcción de nuevas áreas verdes y la regeneración de las ya existentes a través de los diferentes niveles de gobierno.

El crecimiento urbano en Machala tiene una tendencia de crecimiento horizontal con dirección al este, durante un periodo de 18 años aproximadamente la ciudad ha duplicado su territorio en función del crecimiento poblacional que ha tenido Machala. Por lo general el crecimiento de las ciudades es originado por el sector privado, por ello el municipio crea una ordenanza para las urbanizaciones donde obliga a construir mínimo el 10% y máximo el 20% de áreas verdes y comunales del total de área urbanizada. Siendo esta una forma de aportar al IVU de Machala y a mejorar la calidad de vida de sus habitantes que pese a su aumento para el año 2020 aún se encuentra bajo los estándares mínimos recomendados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cujilema, L. V. (2015). La periurbanización en la ciudad de Machala, factores preponderantes del proceso de desarrollo sustentable entre los territorios urbanos - rurales. (Examen complejo). Universidad Técnica de Machala.
- Duval, V. S., Benedetti, G. M., & Baudis, K (2020). The impact of street trees on the urban microclimate. Bahía Blanca, Argentina. Investigaciones Geográficas (Spain), (73), 171-188.
- Ecuador. Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Machala. (2018). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Machala. [https://www.machala.gob.ec/PDF/Planes/PDOT\\_2018.pdf](https://www.machala.gob.ec/PDF/Planes/PDOT_2018.pdf)
- Ecuador. Instituto Geográfico Militar. (2013). Conexión a geoservicios WMS y WFS mediante la utilización de quantumgis. <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/06/d300001ba4d7824c-2d731a7afe65049e.doc>
- Ecuador. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2013). Índice Verde Urbano. Manual de llenado del Formulario, Dirección de Estadísticas Ambientales. [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas\\_Ambientales/Verde\\_Urbano/Manual\\_Indice\\_Verde\\_Urbano.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Verde_Urbano/Manual_Indice_Verde_Urbano.pdf)
- García Batista, R. M., Machado López, L., & Minuche, J. L. (2017). Plan de gestión ambiental de desechos sólidos en la empresa productora de banano, Herederos Coronel, del Cantón Machala, Ecuador. Revista Universidad y Sociedad, 9(1), 100-105.
- Malizia, M. (2011). Enfoque teórico y conceptual para el estudio de las urbanizaciones cerradas. Andes, 22(2).

- Molina, L., & Acosta, F. (2018). Orígenes y evolución de las arborizaciones urbanas en América Latina con énfasis en Bogotá y Medellín. *Formas urbanas colonial, republicana y protomoderna. Gestión y Ambiente*, 21(2), 276-290.
- Morales Cerdas, V., Piedra Castro, L., Romero Vargas, M., & Bermúdez Rojas, T. (2018). Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1421-1435.
- Padullés, J., Vila, J., & Barriocana, C. (2018). Biodiversidad vegetal y ciudad: aproximaciones desde la ecología urbana. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 68, 83-107.
- Reyes Avilés, I., & Gutiérrez Chaparro, J. (2010). Los Servicios ambientales de la arborización urbana: retos y aportes para la sustentabilidad de la ciudad de Toluca. *Revista de Estudios Territoriales*, 12(1), 92-102.
- Reyes, S., & Figueroa, I. (2010). Distribución, superficie y accesibilidad de las áreas verdes en Santiago de Chile. *Revista de Estudios Urbanos y Territoriales*, 36(109),
- Roger, E., Palacios, M., Coria, O., & Díaz, R. (2016). Notas sobre la flora urbana cultivada en la ciudad de Santiago del Estero, Argentina. *Multequina*, 25(1), 29-41.
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 16(1), 1-14.
- Soto Cortés, J. J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma económico*, 7(1), 127-149.
- Zhang, Y., Van den Berg, A.E., Van Dijk, T., & Weitkamp, G. (2017). Quality over quantity: Contribution of urban green space to neighborhood satisfaction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(5).