

# Microzonificación urbana y desarrollo sostenible territorial: caso de Puerto Bolívar-Ecuador

## Urban microzonation and territorial development: the case of Puerto Bolivar in Ecuador

Juan C. Berrú<sup>1</sup>, Byron Lapo<sup>1</sup>, Jesús A. Chávez<sup>2</sup>

Recibido: Agosto 2015 - Aprobado: Diciembre 2015

### RESUMEN

La microzonificación ambiental urbana constituye una forma de ordenamiento territorial, basado en los preceptos de desarrollo sostenible, mismo que cobra importancia en los países en vías de desarrollo donde la planificación territorial se vuelve imprescindible. Existen diversas formas y herramientas para llevar a cabo los mencionados planes. La elección de la metodología para su desarrollo determina el éxito o fracaso de la microzonificación, por lo que el escogimiento y aplicación de técnicas y herramientas para ello son la principal preocupación al momento de empezar la planificación. Procedimientos basados en tres fases se plantean en la presente revisión bibliográfica, tales como Fase de Preparación, Fase de Diagnóstico y Fase Propositiva. Herramientas como el uso de drones, establecimiento de ortofoto, desarrollo de SIG, técnicas participativas, construcción de escenarios, entre otras son expuestas. Se plantea además la problemática de la Parroquia urbana de Puerto Bolívar en Ecuador, cuyo asentamiento poblacional se sitúa en un puerto marítimo acompañado de un alto potencial turístico y movimiento económico.

**Palabras clave:** Desarrollo sostenible; microzonificación; ordenamiento territorial urbano; Puerto Bolívar.

### ABSTRACT

Rural environmental microzonation is a way to plan the land use within particular urban area, based on the precepts of sustainable development, it becomes important in developing countries where land use planning is essential. There are several ways and tools to carry out such plans, the choice of methodology will determine the success or failure of micro-zoning, so the choosing and applying techniques and tools for this are the main concern when planning begins. Procedures based on three phases arise in this review, such as preparation phase, diagnostic phase and proposal phase. Tools such as use of drones, establishments of orthophoto, GIS development, participatory techniques, scene construction, among others are exposed. It is showed the case of Puerto Bolivar in Ecuador, whose population settlement stands at seaport, accompanied of the high tourism potential and economic movement.

**Keyword:** Micro zonation; Puerto Bolivar; sustainable development; urban development.

<sup>1</sup> Universidad Técnica de Machala. Unidad Académica de Ingeniería Civil e Informática. Email: [jberru@utmachala.edu.ec](mailto:jberru@utmachala.edu.ec)

<sup>2</sup> Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica.

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el desarrollo y planificación territorial ha sido un tema limitado en años anteriores, siendo prácticamente nulo en la mayoría de ciudades y parroquias. Los asentamientos poblacionales han tenido libre albedrío en cuanto a la elección y forma de desarrollarse en la mayoría de los casos.

El caso de los puertos marítimos no es diferente a lo que ocurre en las zonas urbanas, siendo la planificación muy limitada en cuanto a su aplicación práctica. Los puertos constituyen espacios de intercambio marítimo-terrestre que tradicionalmente han contribuido al origen y constitución de la ciudad portuaria. El caso de los puertos en Ecuador, además de ser Puerto y zona urbana, tienen el componente de que en su mayoría constituyen atractivos turísticos, es decir son Puertos Marítimos, Zona Urbana y Zonas Turísticas.

Las relaciones puerto-ciudad han ido cambiando y evolucionando desde la Edad Antigua hasta la actualidad. Por sus actividades propias, éstos determinan la configuración de las ciudades portuarias (López, 2004).

Por su parte, el desarrollo sostenible son las acciones que satisfacen las necesidades actuales de la humanidad, sin mermar de bienestar para las generaciones futuras” (Hernández, López, Sánchez, & Ramírez, 1997). Otro enfoque menciona a la sostenibilidad como la “Capacidad de satisfacer las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras, que se puede concretar en una serie de principios sociales y condiciones técnicas” (Gómez D., 2002). El enfoque actual de desarrollo sostenible se basa en toda acción destinada a salvaguardar circunstancias futuras, atendiendo a su vez las necesidades presentes (Kuhlman & Farrington, 2010).

Estos conceptos dan inicio a la zonificación ambiental y en situaciones de áreas menores a la microzonificación ambiental. En términos generales, microzonificación ambiental para el planeamiento estratégico de la zona urbana, constituye un instrumento técnico que busca la optimización del uso de suelo urbano, regulando las actividades humanas como factor transversal, así como no descuida la calidad del agua y la calidad del aire para tales actividades. En todos los casos concibe el uso de suelo para la realización de las actividades económicas antropogénicas, pudiendo ser estas industriales, residenciales, comerciales, etc.

El presente documento recopila información acerca de la dinámica de crecimiento de los puertos, enfocándose en sus relaciones Ciudad-Puerto, las condiciones, razones y características de su comportamiento, para finalmente establecer problemáticas comunes en el desarrollo de los puertos; aborda además las metodologías existentes para el planteamiento de soluciones y/o planes estratégicos de desarrollo sostenible en estos casos en particular. De esta forma pretende ser una herramienta teórica para la caracterización y propuesta de estrategias para el desarrollo territorial con principal énfasis en la zonificación ambiental con aplicación a la realidad ecuatoriana y Latino-americana.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Ordenamiento Territorial

Acorde al COOTAD (2009), el ordenamiento territorial constituye una serie de directrices políticas que permiten el desarrollo territorial apropiado, así como la conceptualización de la planificación para su gestión, tomando en cuenta la autonomía de su jurisdicción, basado en el reconocimiento y la valoración de la diversidad cultural y la proyección espacial de las políticas sociales, económicas y ambientales.

La proyección y puesta en marcha de los planes está focalizada al mejorar los índices de calidad de vida y los principios de la función social y ambiental que debe cumplir el suelo.

El ordenamiento del territorio regional, provincial, distrital, cantonal y/o parroquial, tiene por objeto complementar la planificación económica, social y ambiental con dimensión territorial; racionalizar las intervenciones sobre el territorio; y, orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible.

Conexamente, el desarrollo urbano, acorde a Torres (2008), “es la posibilidad de una población determinada de satisfacer las necesidades básicas de alimentación, salud, educación, trabajo, vivienda, cultura, es crear un hábitat en un ambiente armónico, en el que se respete los derechos humanos de las personas, no existe masificación, niños abandonados, mendigos, ni contaminación, ni delincuencia o estas sean mínimas, es decir un lugar racional y equilibrado en el que se respete la dignidad del ser humano, la ecología, seguridad y bienestar social”.

Para regular el ordenamiento se debe establecer una normativa admisible respecto de los usos del suelo. Tal normativa no debe ser puramente urbanística y debe tomar en cuenta aspectos como la factibilidad de edificabilidad, así como los requisitos de infraestructura y producción (UNEP, 2013).

En Ecuador, la responsabilidad de actividades de planificación territorial y el control de los usos del suelo son los municipios, principalmente sus funciones son la administración del catastro, provisión de servicios básicos, como agua, luz, alcantarillado y la recolección de residuos sólidos. No obstante los retos que impone el desarrollo urbano sostenible deben ser eje de sus directrices, ya que de esto dependerá su desempeño adecuado. (Meier, 2013).

A su vez, acorde a Fuchs, (2003) “la administración municipal debe asegurar la operatividad y sostenibilidad financiera de sus actividades, a través del cobro adecuado de tarifas, acceso a fuentes de recursos nacionales e internacionales y la generación de recursos económicos propios”.

### 2.2 Desarrollo sostenido y zonificación ambiental

La gestión ambiental puede tener impactos económicos positivos cuando es llevada a cabo de una forma técnica y planificada. Las actividades económicas de las urbes normalmente están relacionadas con comercio en general,

manufactura, o en dependencia de su ubicación geográfica y magnitud pueden tener puertos marítimos, terrestres o aéreos (Edman, 2009). En el caso de los puertos marítimos, la contaminación de aguas y aire a más de los residuos propios de la urbe son algunos de los problemas ambientales que deben ser manejados (Alvarado & Araya, 2013).

Con el objetivo de utilizar los espacios de territorio de una manera efectiva y sostenible, la zonificación ambiental, constituye la herramienta clave y de base. Los actores sociales deben contar con esta herramienta fin de que se garantice la sostenibilidad para las futuras generaciones.

La zonificación ambiental territorial busca producir modelos urbanos que se fundamenten en los principios tanto naturales como sociales de la sostenibilidad (Da Costa Pereira, 2005).

Un objetivo pragmático de la zonificación ambiental rural, es identificar “áreas homogéneas”, que son áreas con mayor vulnerabilidad frente a factores propios de la actividad humana. “La zonificación es un proceso de sectorización de un territorio en unidades espaciales relativamente homogéneas” (Márquez G., 2009). De acuerdo al criterio que se utilice la zonificación pueden variar; generalmente están relacionados a factores biofísicos, sociales, económicos, culturales, políticos o administrativos. Se pueden reducir al mínimo los conflictos y obtener el equilibrio más eficaz y se puede vincular el desarrollo social y económico, así Para la reducción de los conflictos, se debe examinar de manera integrada todos los usos de la tierra (Rodríguez, 2007).

Todas las variables socioeconómicas, físicas y biológicas, desde una perspectiva holística y sistémicas deben ser incluidas. A esta forma de concebir a la zonificación hoy en día se le llama “Zonificación Ecológica-Económica (ZEE)”. La ZEE, es un instrumento técnico para la gestión del desarrollo sostenible, además brinda información sobre la capacidad y fragilidad del territorio y sus recursos naturales en forma sistematizada y geográficamente localizada, ayudando a la toma de decisiones sobre políticas de desarrollo territorial, además de manejo y conservación de los ecosistemas. Los estudios de ZEE, son ejecutados en tres niveles o escalas, de acuerdo con Muguruza y Gallardo (2012), son: macro zonificación, meso zonificación y microzonificación.

### 2.3 Microzonificación

La microzonificación, es la división de tierras en distritos, constituye una herramienta básica del ordenamiento urbanístico (Valenzuela & Silva, 2006). La zonificación urbanística tiene como necesidad establecer espacios a las funciones urbanas, normalmente industriales, residenciales, comerciales y de servicio (Álvarez L., 2010; Valenzuela & Silva, 2006).

Uno de los errores que se suscitan en la planificación del uso de suelo es centrarse en la zonificación urbanística; en materia de ordenamiento ambiental territorial y es necesidad su vinculación con la noción de uso del territorio. (Domínguez, Velásquez, Jiménez, & Faustino, 2010).

Al relacionar la zonificación con el medio ambiente, ésta se la debe considerar como base para la mejor utilización de los espacios y el ordenamiento del territorio de una manera integral y con una gestión ambiental que relacione habitantes-recursos naturales con el propósito de buscar el equilibrio ecológico de los actores sociales que intervienen y así tomar las mejores decisiones que se garanticen en un equilibrio hombre naturaleza de tal manera que garantice para las generaciones futuras la sostenibilidad (Montoya, 2011).

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 3.1 Herramientas para la planificación territorial

La planificación territorial se concibe como un proceso participativo que puede desarrollarse en cuatro etapas:

- Fase de preparación
- Fase de diagnóstico
- Fase propositiva

#### *Fase de Preparación*

Consta básicamente de la revisión de documentación: Planes Macro, Direccionamiento de entidades del estado, en el caso de Ecuador los direccionamientos de SENPLADES, recomendaciones internacionales, Documentos municipales, Catastros, monografías, tesis, estudios y diagnósticos realizados.

Esta información debe ser analizada con el grupo de trabajo para definir la documentación y guía pertinente a la problemática particular.

#### *Fase de diagnóstico*

Durante la fase de diagnóstico se puede establecer los siguientes pasos:

- Investigación preliminar: Esta etapa consiste en la recopilación de datos e información física y digital que se encuentre en información oficial y bibliotecas.
- Información Geográfica. La información geográfica consiste básicamente en shapefiles de los sectores censales por parte del AME (Asociación de Municipalidades Ecuatorianas), además archivos CAD (Computer-aided-design).
- Investigación de campo. Esta etapa consiste en el levantamiento de información de centros educativos, sector comercial, hotelero, restaurantes, y los principales edificios con la utilización de GPS.
- Vuelo Fotogramétrico: Con el uso de drones se obtiene la información geográfica base del sitio de estudio, obteniendo como resultado Ortofotos, un modelo 3D y un modelo digital de elevaciones del terreno, que sirven como fuente para la creación de mapas temáticos.
- Estructuración y trabajo de gabinete. Mediante los resultados obtenidos en la etapa de investigación de campo y la aplicación de herramienta de

digitalización como Civil 3D y ArcGIS, se determina la zona de estudio exacta, sus características topográficas y el uso de suelo.

- Elaboración de la cartografía. Con la información recolectada y digitalizada se procede a generar toda la cartografía temática con la aplicación del sistema de información geográfica seleccionado, con su respectiva base de datos dinámica de población, escuelas, centros de salud, información catastral, correspondiendo esto a la base cartográfica del sitio de estudio.

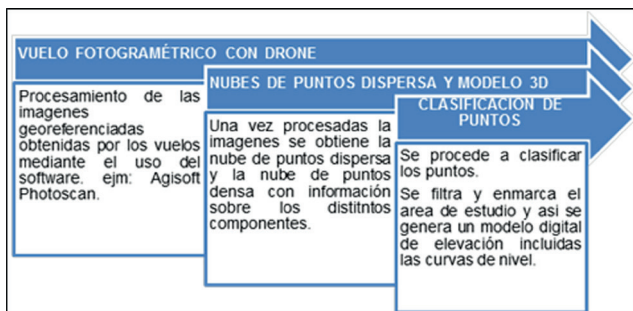


Figura N° 1. Recolección de Datos

Para mejor comprensión del procesamiento de información recolectada se divide esta etapa en tres partes:

- Procesamiento en gabinete del vuelo fotogramétrico
- Digitación y conformación de la cartografía base
- Tabulación de información complementaria

Concluida la etapa de procesamiento en gabinete del vuelo fotogramétrico, se obtiene como producto una ortofoto, curvas de nivel y un modelo digital de elevaciones del área levantada, y se da inicio al proceso de digitalización con el uso de herramientas de software especializados como AutoCAD Civil 3D. Finalmente se cuantifica el uso de suelo.

Es necesaria además la tabulación de Información complementaria. Se denomina información complementaria a toda información que comprende la base de datos dinámica perteneciente a cada mapa temático elaborado en la etapa anterior. Esta información permitirá detallar elevaciones, áreas, población, dirección de centros educativos, nombres de entidades destacadas en la zona de estudio y en marcar de mejor manera la comprensión de la cartografía.

La base de datos dinámica comprende una de las partes más importantes dentro de una base cartográfica, ya que nos permite mostrar la situación actual de la zona de estudio mediante cálculos estadísticos y representaciones gráficas de cuantificaciones que en muchos de los casos no se logra obtener sin la aplicación de un sistema de información geográfica como es el del ArcGIS.

La cartografía será categorizada para facilitar el análisis, comprensión y procedencia de los mapas generados como producto final.

Para este fin es necesario el uso de un mapa base, el mismo que puede ser el mapa geográfico catastral, porque

permite observar a detalles la composición del sitio de estudio, además de servir para la cuantificación de áreas.

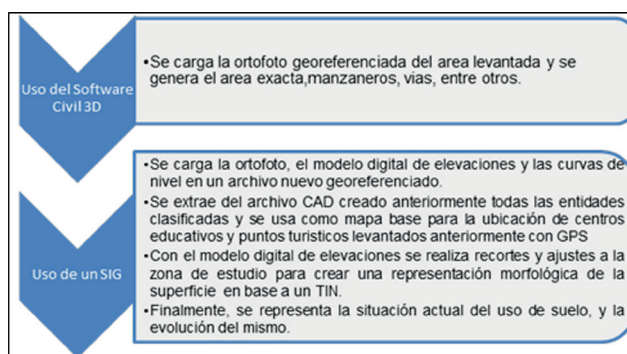


Figura N° 2. Digitalización y conformación del mapa base.

De este mapa base se elaboraron las siguientes representaciones:

- Mapa turístico. Puntos representativos de las áreas turísticas de la zona incluyendo hoteles, parques, restaurantes, establecimientos financieros, malecón y edificios estratégicos.
- Mapa de centros educativos. El mapa de centros educativos se realiza con el fin de identificar la ubicación de las escuelas y colegios.
- Mapa de uso del suelo. Este mapa tiene como objetivo identificar el uso del suelo a lo largo de la zona.

El levantamiento de información cartográfica, así como la creación de un SIG, permiten el diagnóstico completo del componente físico; es decir el establecimiento de las principales problemáticas y una visualización preliminar de las posibles alternativas.

#### Técnicas Participativas

Se trata de herramientas para conocer las necesidades y el impacto que tienen los actores para el desarrollo del plan.

Existen diversas estrategias para este fin, entre las cuales se puede destacar la Matriz de análisis de actores (Segeplan, 2011).

En este sentido es conveniente realizar reuniones con los actores donde se recoja información de necesidades de los representantes del sitio.

#### Fase Propositiva

La fase propositiva consiste fundamentalmente en la construcción de escenarios, es decir el establecimiento de las alternativas de ordenamiento que se puede tomar para cumplir con las metas propuestas.

El procedimiento recomendado para esta acción es:

- Determinación de políticas y escenarios; mismos que pueden ser un ideal y un tendencial.

- Determinación de objetivos estratégicos.
- Determinación de metas que sustenten los objetivos.
- Determinación de plazos a corto, mediano y largo plazo.

**Tabla N° 1.** Información requerida para el levantamiento de información cartográfica

Área	Información requerida
Área habitacional	Residencias, viviendas, edificios
Área verde	Parques, canchas, zonas recreacionales
Área turística	Atractivos turísticos
Área comercial	Mercados, centros comerciales y la zona pesquera
Área de vías	Superficie total ocupada por las vías principales, secundarias y callejones
Mapa topográfico	Permite visualizar las curvas de nivel y generar el modelo digital de elevaciones

El enfoque ambiental tendrá lugar en esta etapa, ya que es en este punto donde se direcciona el futuro del crecimiento territorial de una población y debe estar plasmado en los objetivos y metas.

Los Factores e Indicadores que pueden contemplar son los siguientes:

- Hábitat y vivienda
- Salud
- Educación
- Tránsito, transporte terrestre y seguridad vial
- Agua potable
- Tratamiento de Aguas Residuales
- Gestión de desechos sólidos
- Proyección industrial y/o comercial
- Proyección turística
- Seguridad ciudadana

### Puerto Bolívar

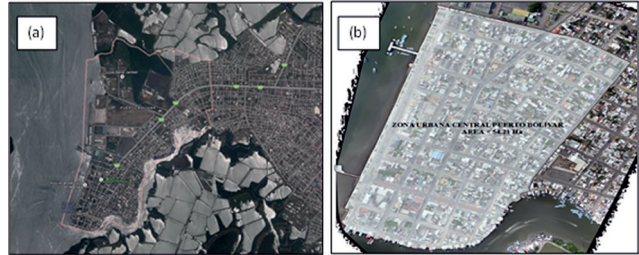
Puerto Bolívar es una parroquia urbana del cantón Machala ubicado en la costa sur de Ecuador, cuya ciudad del mismo nombre es la cabecera cantonal de la provincia de El Oro.

Cuenta con 28.675 habitantes según el censo del 2010 aproximadamente en una extensión de 350 hectáreas, representa una densidad de 82 habitantes por hectárea, geográficamente se encuentra ubicado a 3° 15'55" latitud Sur y 80°00'01" longitud Oeste, cuenta con un puerto multipropósito con atracaderos de 12.5 metros al servicio del comercio exterior del Ecuador, además se realizan actividades productivas comerciales, turismo y pesca, cuya localización se sitúa a 1 metro sobre el nivel del mar.

Acorde a Pincay (2006), "Puerto Bolívar nació con el nombre de Puerto Huaylá allá por 1869 y luego se convirtió en Puerto de Bolívar, como Puerto Mayor de la República

en 1898, avanzó en el tiempo y finalmente se ganó la categoría de parroquia urbana del cantón Machala en 1930, su progreso se debió a dos factores importantes dentro del campo agrícola, el renglón cacaotero y luego el bananero".

Puerto Bolívar posee en su totalidad un clima tropical-húmedo, con precipitaciones anuales promedio de 673 mm y temperaturas, promedio, anuales de 25° C. La vegetación corresponde al bosque húmedo pre-montano (BhPm) y bosque seco tropical (BsT).



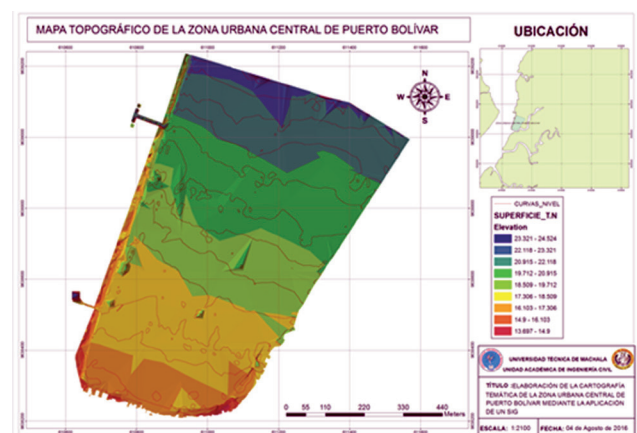
**Figura N° 3:** Puerto Bolívar. Mapa. (a) vista general, (b) vista delimitada de zona de estudio

## IV. CONCLUSIONES

1. La aplicación de los conceptos de desarrollo urbano sostenible, y zonificación ambiental puede ser llevada a cabo mediante el uso de herramientas modernas y procedimientos guía.
2. Considerar las fases de diagnóstico, preparación y propositiva, con el uso de herramientas modernas, constituyen una herramienta fundamental para la toma de decisiones. Las entidades deben tomar en cuenta estos preceptos y herramientas técnicas a la hora de la planificación de sus ciudades.
3. Puerto Bolívar constituye un caso que ofrece las condiciones factibles para la aplicación de desarrollo sostenible, a través de la microzonificación ambiental, y su correcta aplicación es sin duda trascendental para esta zona urbana y comercial.

## V. AGRADECIMIENTOS

Al equipo de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos de Perú, y a los Profesores de la Universidad Técnica de Machala en Ecuador.



**Figura N° 4.** Zona urbana central de Puerto Bolívar

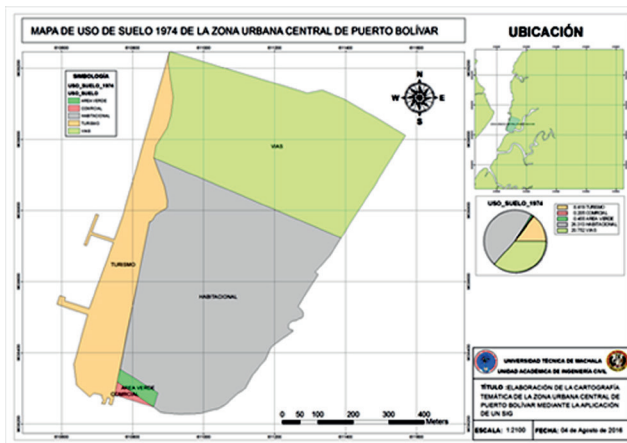


Figura N° 5. Mapa de uso de suelo 1974 de la zona urbana central de Puerto Bolívar

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarado, H. & Araya, F. (2013). Cambios de uso del suelo y crecimiento urbano. Estudio de caso en los municipios conurbados de la Mancomunidad Metrópoli de Los Altos, Quetzaltenango, Guatemala. *Tecnología en Marcha*, 106.
2. Álvarez, L. (2010). Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Provincia de Satipo. *Potencialidades Socioeconómicas. PROTERRA*, 11. Recuperado de: [http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion\\_1509.pdf](http://iiap.org.pe/Archivos/publicaciones/Publicacion_1509.pdf)
3. Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización-COOTAD (2009). Ministerio de Coordinación de la Política y Gobiernos Autónomos Descentralizados, 17-127.
4. Da Costa Pereira, N. (2005). Procedimientos de ordenación del territorio: replanteos y propuesta metodológica para la construcción de normativas de ordenamiento ambiental desde la gestión asociada. Tesis. Maestría en Metodología de la Investigación científica, UNLa, Buenos Aires.
5. Domínguez, S., Velásquez, S., Jiménez, F. & Faustino, J. (2010). Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. *Recursos Naturales y Ambientales*, 65-66.
6. Edman, A. (2009). Sustainable urban development projects and new models. *Sustainable Cities*, 19.
7. Fuchs, J. (2003). Gestión urbana para el desarrollo sostenible

en América Latina y el Caribe. CEPAL, 259.

8. Gómez, D. (2002). Evaluación del Impacto Ambiental. Lima: Ediciones Mundi-Prensa.
9. Hernández, L., López, F., Sánchez, M. & Ramírez, L. (1997). Desarrollo Sostenible Estudio de un caso práctico en la Región de Murcia. Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia, 26.
10. Kuhlman, T. & Farrington, J. (2010). What is Sustainability. *Sustainability*, 3437.
11. López, C. A. (2004). Integración Urbana de los Espacios Portuarios. Universidad de la Coruña, La Coruña.
12. Márquez, G. (2009). Plan de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Cuenca del Río Garagoa. Universidad Nacional de Colombia. Instituto de Estudios Ambientales, 15.
13. Meier, S. (2013). Sustainable urban agriculture: Confirming Viable escenarios for production. *NYSERDA*, 42.
14. Montoya, G. (2011). La zonificación ambiental en la cuenca hidrográfica media del Río Negro. Universidad de Salamanca. Facultad de Geografía e Historia, 35.
15. Muguruza, L. & Gallardo W. (2012). Proceso de zonificación ecológica económica en la Provincia Constitucional del Callao, Perú. *Policy Brief*, 1-3.
16. Pincay, G. (2006). Programa de manejo de recursos costeros. Consorcio Neoambiente, 53.
17. Rodríguez, F. (2007). Manual para la zonificación ecológica y económica a nivel macro y meso. *BIODAMAZ*, 49.
18. Segeplan, (2011). Caja de Herramientas para la elaboración del plan de Ordenamiento Territorial.
19. Torres, E. (2008). Desarrollo urbano sustentable. *Revista académica de economía*, 12.
20. UNEP (2013). Assesing global land use. Balancing consumption with sustainable supply. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.11822/8861>
21. Valenzuela, E. & Silva, A. (2006). Zonificación ambiental. Plan de manejo ambiental del Parque Ecológico Distrital Humedal Tibanica. Dirección de Ecosistemas del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 14.