Rev. Ciencia, Tecnología y Humanidades 8(1): 13 - 27. 2017
Revista de Investigación Científica
Vicerrectorado de Investigación
Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo

SOSTENIBILIDAD DE LA CIUDAD DE CHICLAYO PLAN DE DESARROLLO URBANO AMBIENTAL DE CHICLAYO

Edgardo P. Arbulú-Chereque[1]

Resumen

El presente artículo está basado en la investigación de la presente tesis Doctoral**,** se inscribe dentro de las investigaciones descriptivas y aplicadas; evalúa la formulación del Diagnóstico y la Propuesta del Plan Urbano Ambiental de Chiclayo, desde el punto de vista de sus contenidos e indicadores que posibiliten la medición de la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo; realizando un análisis comparativo con la metodología de evaluación de GEO Ciudades (Global Environment Outlook) propuesto por PNUMA (2003). Con el fin de proponer un sistema de indicadores de esta sostenibilidad, verificables y ponderables; en los aspectos ambiental, urbano, económico, social y específico. La evaluación del Diagnóstico y la Propuesta del PDUA Chiclayo, respecto a la metodología GEO Ciudades, consistió en la evaluación de variables e indicadores de presión, estado, impacto y respuesta; los resultados permitieron clasificación de indicadores por aspectos ambiental, urbano, económico y social. Se construyeron y verificaron indicadores para el desarrollo sostenible de la ciudad de Chiclayo, donde se determinó la aplicabilidad y clasificación de indicadores de Presión, Estado, Impacto y Respuesta por aspectos () siendo los resultados la determinación del modelo de desarrollo urbano ambiental, lineamientos para la construcción de indicadores para la sostenibilidad, determinación de indicadores por aspectos y su ponderación en los 12 distritos del área metropolitana de Chiclayo.

Palabra Clave: *Construcción de indicadores para una escala de sostenibilidad en Chiclayo*

SUSTAINABILITY OF THE CITY OF CHICLAYO URBAN ENVIRONMENTAL DEVELOPMENT PLAN OF CHICLAY

Abstract

This article is based on the research of the present Doctoral thesis fits within research descriptive and applied; evaluates it formulation of the diagnosis and it proposed of the Plan urban environmental of Chiclayo, from the point of view of their contained e indicators that allow the measurement of the sustainability of the city of Chiclayo; conducting an analysis comparative with the methodology of evaluation of GEO Cities (Global Environment Outlook) proposed by UNEP (2003). With the aim of proposing a system of indicators of this sustainability, verifiable and measurable; in those aspects environmental, urban, economic, social and specific. The evaluation of the diagnosis and the proposed of the PDUA Chiclayo, concerning the methodology GEO cities, consisted in the evaluation of variable e indicators of pressure, State, impact and response; those results allowed classification of indicators by aspects environmental, urban, economic and social. Is builtand checked indicators for the development sustainable of the city of Chiclayo, where is found the applicability and classification of indicators of pressure, State, impact and response by aspects; being them results the determination of the model of development urban environmental, guidelines for the construction of indicators for the sustainability.

Keyword : Construction of indicators for a scale of sustainability in Chiclayo determination of indicators by aspects and its weighting in them 12 districts of Chiclayo Metropolitan área.

[1]*Escuela de Arquitectura - FICSA Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque – Perú.* eprach@yahoo.com

Recibido: 1 diciembre 2016 Aceptado: 5 febrero 2017

Introducción

La ciudad de Chiclayo, enfrenta serios problemas ambientales de difícil solución; el problema de la limpieza pública y de gestión de los residuos sólidos; el congestionamiento y contaminación del transporte urbano; la tugurización y deterioro ambiental de espacios urbanos de alta concentración de actividades comerciales como el mercado Modelo y mercado Moshoqueque; la contaminación atmosférica de la ciudad de Chiclayo por el acarreo de altas concentraciones de partículas de polvo a través de los fuertes vientos; la contaminación atmosférica por la emanación de gases y partículas tóxicas por la actividad agroindustrial; la contaminación de las agua del mar y ríos por el vertimiento de aguas servidas domésticas, agrícolas e industriales sin tratamiento; los procesos de salinización, deforestación y desertificación de las cuencas de nuestro territorio por la contaminación del agua y suelo producida por grandes extensiones de monocultivos de arroz y azúcar que han usado el recurso hídrico de manera inadecuada, como el riego por inundación para estos cultivos y productos químicos como abonos, herbicidas e insecticidas. Esta problemática relacionada con la desactualización del plan de ordenamiento urbano territorial en el área metropolitana de Chiclayo; la falta de valoración de las autoridades municipales de Chiclayo respecto a la importancia de la Gestión Urbana Ambiental y la escasa participación de la sociedad civil en este proceso; ha provocado que enfrentemos estos serios problemas urbano-ambientales por varias décadas sin encontrar soluciones adecuadas.

La necesidad de plantear un Desarrollo Urbano Sostenible para la ciudad de Chiclayo es que nos lleva a plantear el problema de investigación de la siguiente manera: *¿La Evaluación del Plan Urbano Ambiental permitirá hacer un seguimiento positivo de la Sostenibilidad de la Ciudad de Chiclayo?*

Toda esta problemática común en nuestras ciudades latinoamericanas hace que Naciones Unidas y PNUMA específicamente inicie un programa de asistencia en la Gestión Urbana Ambiental de nuestras ciudades llamado GEO (Global Environment Outlook) con el fin de orientar la Evaluación Ambiental Urbana de estas. Por tal motivo y basándonos en el análisis de la metodología GEO es que creemos relevante el evaluar el diagnóstico Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo y si este permite monitorear su Desarrollo Sostenible. La presente investigación justifica su realización desde en el ámbito científico porque el estudio aportará en la sistematización de métodos de medición y caracterización del desarrollo sostenible en nuestra ciudad de Chiclayo.

Los objetivos de esta investigación son Evaluar el Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo analizando las variables de Presión, Estado, Impacto y Respuesta; principalmente en los aspectos ambiental, urbano, económico y social con la finalidad de construir indicadores que permitan medir la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo en toda su área metropolitana.

Por lo tanto, la hipótesis planteada en esta investigación es que la Evaluación del Plan Urbano Ambiental permitirá hacer un seguimiento positivo de la Sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo.

El articulo presenta cuatro temas de esta investigación: El primer tema es la Evaluación del Diagnostico del Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo; el segundo

tema es la Evaluación de la Propuesta del Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo; el tercer tema es la Construcción de Indicadores para el Desarrollo Sostenible de la Ciudad de Chiclayo (Castro, 2004); el cuarto tema es la Verificación de Indicadores para el Desarrollo Sostenible de la Ciudad de Chiclayo (Gómez, 2010).

Metodología

La contrastación de la hipótesis de la tesis doctoral *"El Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la Ciudad de Chiclayo como Herramienta para lograr la Sostenibilidad"* es descriptivo; ya que la muestra, la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo, será observada a través de la existencia de indicadores ambientales, urbanos, económicos y sociales; en el Diagnostico y la Propuesta del Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo; realizando una evaluación comparativa respecto a la metodología GEO Ciudades planteados por el PNUMA en el Diagnostico GEO Chiclayo, planteando a su vez nuevos indicadores específicos propios de la ciudad.

La población y muestra es la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo planteada por el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental. Es decir que la estructura lógica de esta investigación va desarrollarse en base a enunciados observacionales o enunciados resumen.

Los materiales utilizados son El Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo, Carta Nacional de Chiclayo y Lambayeque y software especializado Minitab, Primer y Arc Gis. La técnica utilizada es la contrastación del Plan Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo con la metodologia GEO Ciudades y la observación de campo.

Resultados

Resultados de los Indicadores de PEIR en el Diagnostico del PDUA Chiclayo

Se resume los Indicadores PEIR (Indicadores de presión, estado, impacto y respuesta, manual para la elaboración GEO ciudades del PNUMA) del Plan Urbano Ambiental de la Ciudad de Chiclayo, los indicadores PEIR están presentes en el Diagnostico del Plan sólo en un 23.7%, estando las mayores ausencias en los indicadores de impacto con el 12.5% y los indicadores de respuesta con el 11.8%; y la presencia de indicadores de presión con el 40% y los indicadores de estado con el 36.7% solamente. Los Indicadores de PEIR por Aspectos del Diagnostico Urbano Ambiental de la Ciudad de Chiclayo se puede apreciar la presencia de indicadores ambientales en 30.4%, urbano en 27.3%, económicos en 13.3% y sociales en 20%. Obteniéndose un promedio de presencia de indicadores de la metodología GEO Ciudades de 23.7%.

Resultados de los Indicadores de PEIR en la Propuesta del PDUA Chiclayo

Los indicadores PEIR están presentes en solo el 17%, estando las ausencias totales en los indicadores de estado y de impacto. En los indicadores de presión se presentan con el 13.3%. Los indicadores con mayor presencia son los indicadores de respuesta con el 47%. Por aspectos los indicadores urbanos están presentes en 20%, económicos y sociales en 33.3%; y la ausencia total de los indicadores ambientales. Obteniéndose una presencia de indicadores PEIR total de 17%

Resultados del Modelo del Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de Chiclayo

La determinación del Modelo de Desarrollo Urbano Ambiental de Chiclayo acorde con los objetivos de sostenibilidad se llevó a cabo presentando los lineamientos que permitan asegurar la sostenibilidad del desarrollo de la ciudad de Chiclayo, con los temas propuestos por los indicadores ausentes del diagnóstico y la propuesta del Plan determinados en la Evaluación de los capítulos III y IV de esta investigación (MPCH,2010). Así mismo se modelará los próximos 25 años la dinámica poblacional, la ocupación del suelo, la dinámica de los recursos agua y energía, así como la producción de residuos y la emisión de gases efecto invernadero en el ecosistema Chiclayo. Lo que sustenta la construcción del Modelo basado en las hipótesis de sostenibilidad ambiental, económica y social planteadas en el marco metodológico de la Tesis; y temas transcendentales para el desarrollo de la ciudad de Chiclayo.

El Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de Chiclayo

Las principales falencias del Plan planteado por la Municipalidad Provincial de Chiclayo son las omisiones sistemáticas de temas e indicadores para la sostenibilidad en el Diagnostico Urbano Ambiental; hay una notoria ruptura entre su visión y objetivos estratégicos respecto al Modelo de Desarrollo Urbano y las Propuestas Específicas e Instrumentos de Gestión que se formulan para su implementación. Por tal motivo a parte de los indicadores de la Propuesta Urbana Ambiental se determina como un tema relevante el presentar los indicadores ausentes del Diagnostico Urbano Ambiental con el fin de determinar los indicadores necesarios para un monitoreo claro de la sostenibilidad urbano ambiental de la ciudad.

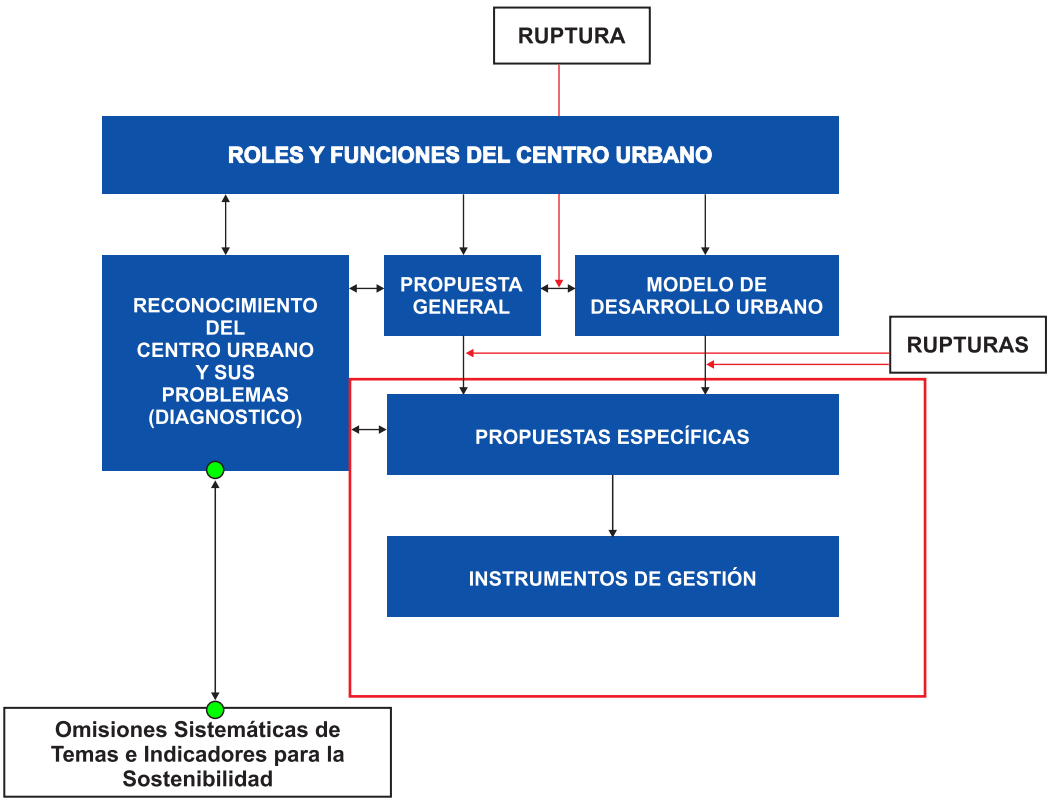

Figura N° 1. *Ruptura de Relaciones de Sostenibilidad del PDUA Chiclayo. Elaborado por el autor*

Determinación del Modelo del Ecosistema de Chiclayo

La modelación de las dinámicas del ecosistema Chiclayo se realizará con el programa Stella 9.0.2 permitirá evaluar la situación actual y la situación de escenarios futuros de los próximos 25 años en las dinámicas poblacionales, la ocupación del suelo, la dinámica del agua, la dinámica de la energía, la disposición de residuos sólidos y las emisiones de gases efecto invernadero; el equilibrio del ecosistema natural de la cuenca Chiclayo.

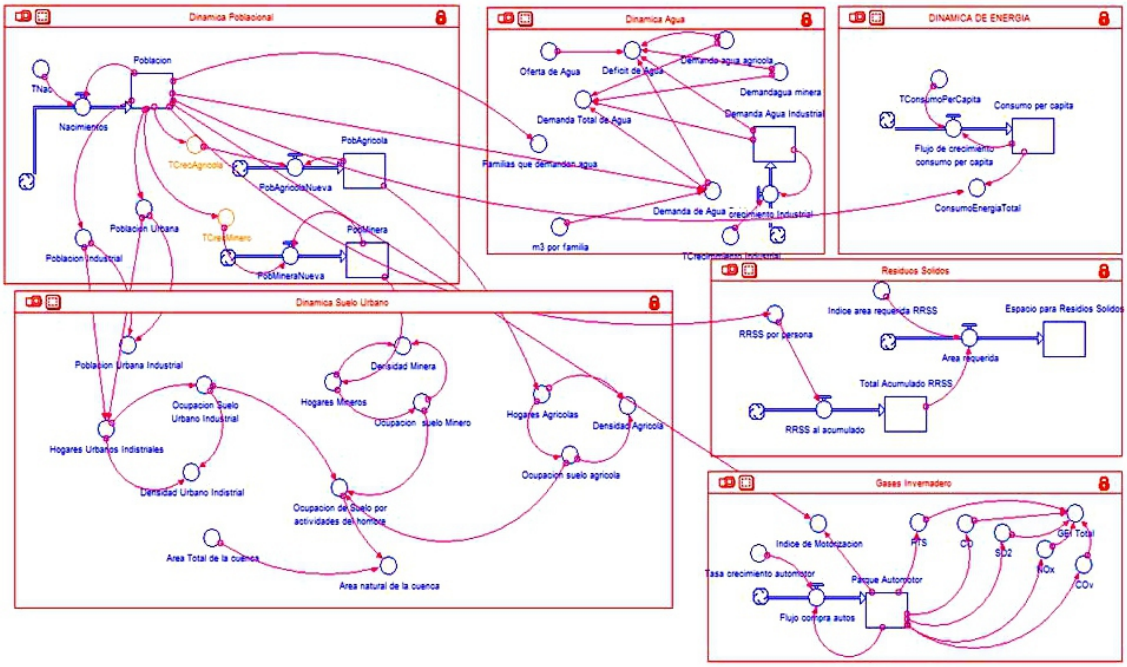

Figura 2. *Modelo de las Dinamicas del Ecosistema Chiclayo. Elaborado por el autor en Programa Steiia 9.0.2.*

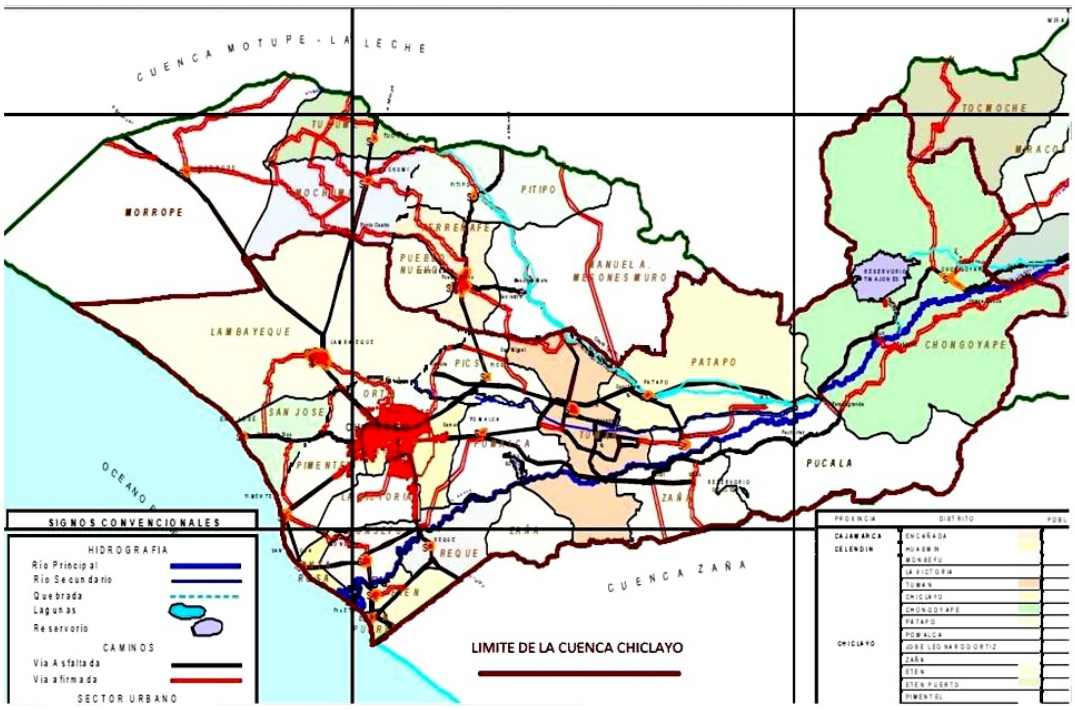

Figura 3. *La Cuenca Baja del Chancay Lambayeque: Cuenca Chiclayo. Diagnóstico de la Cuenca Chancay-Lambayeque, ANA 2008.*

La Dinámica Poblacional del Ecosistema.

La dinámica poblacional del ecosistema Chiclayo se manifiesta por la presencia de la población dedicada a las actividades urbanas, predominantemente al comercio y servicios del área metropolitana de Chiclayo, la población dedicada a la industria, la población dedicada a la agricultura y la población dedicada a la minería de la cuenca Chiclayo. Es la variable que mueve a las demás variables de la cuenca como la ocupación del suelo, la demanda del agua, la demanda de energía, la generación y disposición final de los residuos sólidos y el crecimiento del parque automotor y la emisión de gases efecto invernadero. En el año cero correspondiente al año 2014 la población urbana es de 694,596 habitantes, 82% del total de la población de la cuenca; la población industrial es de 97,403 habitantes, 11.5% del total de la población de la cuenca; la población agrícola es de 50,819 habitantes, 6.0% del total de la población de la cuenca y la población minera es de 4,235 habitantes, 0.5% del total de la población de la cuenca; la población total de la cuenca Chiclayo es de 846,983 habitantes. En el 2039 la población de la cuenca será de 1´199,012 habitantes. La población urbana, la población industrial y la población total tienen una tasa de crecimiento anual de 1.4% mientras que la población agrícola y población minera se mantienen estables con una tasa de crecimiento anual de 0%. La densidad poblacional promedio en las zonas urbanas e industriales es de 70 habitantes/hectárea o 14 hogares/hectárea (se considera 5 personas por cada hogar en la cuenca Chiclayo); mientras que en las zonas agrícolas la densidad poblacional promedio es de 1habitante/4.25hectáreas o 1 hogar/21.26 hectáreas; en las zonas mineras la densidad poblacional promedio es de 1habitante/ 9.2 hectáreas o 1hogar/46 hectáreas.

La Dinámica de la Ocupación del Suelo del Ecosistema.

La dinámica de la ocupación del suelo del ecosistema Chiclayo se manifiesta por la presencia del área natural, el área agrícola, el área minera, el área urbana y el área industrial en el ecosistema Chiclayo. En el año cero correspondiente al año 2014 la dinámica de la ocupación del suelo se manifiesta con la presencia del área natural de la cuenca con 127,212 hectáreas, que representa el 41.88%; el área agrícola de la cuenca con 126,100 hectáreas, que representa el 41.52%; el área minera de la cuenca con 39,156 hectáreas, que representa el 12.89%; el área urbana de la cuenca con 10,793 hectáreas que representa el 3.55%; el área industrial de la cuenca con 439 hectáreas que representa el 0.16%; el área total de la cuenca Chiclayo es de 303,700 hectáreas.

El área natural de la cuenca aún sigue siendo el más importante de la cuenca y es la única área que decrece con ritmo de decrecimiento de 856 hectáreas/año entre el periodo de los años 1980 al año 2013; ya que en este periodo el área natural disminuyó de 155,486 hectáreas a 127,212 hectáreas; es decir 28,274 hectáreas menos. En la actualidad el índice de decrecimiento es de 298 hectáreas/año correspondiente a los crecimientos de las áreas urbanas e industriales que son las que siguen creciendo. El área agrícola de la cuenca es la más importante por su extensión; en la actualidad no muestra un índice de crecimiento; los crecimientos en esta área agrícola se han dado con índice de crecimiento de 558 hectáreas/año, sin embargo el comportamiento del crecimiento de esta área no ha sido constante y sostenido, sino que ha obedecido principalmente a decisiones gubernamentales de desarrollo agrario, como el proyecto de irrigación Tinajones, la reforma agraria, la restructuración de las empresas agrarias, el manejo del agua para riego y las migraciones de población de las provincias vecinas atraídas por la generación de nuevas áreas para la actividad

agraria; esta periodicidad se manifiesta cada 10 años aproximadamente. El área minera de la cuenca es la tercera más importante por su extensión y esta corresponde a las áreas de concesión minera otorgadas para la explotación de canteras para materiales de construcción; en la actualidad no muestra un índice de crecimiento; los crecimientos en esta área minera no se han dado con índice de crecimiento; actualmente cuenta con un área de concesión minera es 39,156 hectáreas. Las áreas urbanas e industriales de la cuenca son las más dinámicas en su crecimiento empujada por el crecimiento de la población, que mantiene una tasa de crecimiento anual de 1.4. En el 2039 el área urbana e industrial de la cuenca será de 15,695 hectáreas correspondiente al área metropolitana de Chiclayo y sus 12 distritos que lo integran, además de los otros centros urbanos de la cuenca Chiclayo; y el área industrial corresponde los corredores Chiclayo – Lambayeque, Chiclayo – Reque; así como en los centros agro – industriales de Pomalca, Tuman y Pucalá; y la futura zona industrial de Puerto Eten. En el 2039 el área natural de la cuenca se reduce a 122,946 hectáreas, 4,266 hectáreas menos.

La Dinámica del Agua

La dinámica del agua del ecosistema Chiclayo se manifiesta por la presencia del recurso hídrico de la cuenca baja del rio Chancay Lambayeque. En el año cero correspondiente al año 2014 la dinámica del agua se manifiesta con la disponibilidad hídrica de la cuenca del Chancay Lambayeque, sus afluentes y componentes: rio Chotano 131.01 MMC, rio Conchano 53.40 MMC, rio Chancay 596.42 MMC, aguas subterráneas 100 MMC, aguas de recuperación 61 MMC, reservorio Tinajones 130 MMC; haciendo un total de disponibilidad hídrica de 1,241.83 MMC. En cuanto a la demanda hídrica en el año cero correspondiente al año 2014 se manifiesta con la demanda del área agrícola con 2,274.97 MMC, con un índice de demanda por hectárea de 18,041 m3/hectárea; la demanda de la población con 72.96 MMC, con un índice de demanda de 86 m3/persona/año; la demanda industrial con 28 MMC, con un índice de demanda de 63,781 m3/hectárea industrial; la demanda minera 1 MMC, con un índice de demanda de 25.5 m3/hectárea minera; la demanda total de la cuenda es de 2,376.81 MMC. El déficit del año cero o 2014 es de 1,135.10 MMC que representa el 47,7% de la demanda total. En el año 2039 después de 25 años la demanda del agua agrícola será igual a 2,274.97 MMC, la demanda de la población será de 103.28 MMC, la demanda industrial será de 45.38 MMC, la demanda minera será igual a 1 MMC; la demanda total será de 2,424.63 MMC. El déficit del año 2039 será de 1,182.80 MMC lo que representa el 48.78% de la demanda total. Como se puede apreciar esta dinámica es la más crítica respecto de la sostenibilidad del ecosistema Chiclayo ya que en el año 2039 muestra un considerable déficit del recurso agua ocasionado principalmente por el uso agrícola; tal situación de déficit y de insostenibilidad hace necesario replantear las condiciones de uso del agua del uso agrícola, con el fin que la tendencia se dirija a la sostenibilidad del recurso.

La Dinámica de la Energía.

La dinámica de la energía del ecosistema Chiclayo se manifiesta por la interconexión del sistema eléctrico nacional con el sistema de la hidroeléctrica Carhuaquero de la cuenca del Chancay Lambayeque; y la dotación de energía a los centros urbanos y de producción industrial de la cuenca. Desde el año 2007 hasta la actualidad se considera un crecimiento en el consumo de energía per cápita constante del orden del 8.3% anual, siendo el consumo de

energía per cápita en ese año de 391 kwh y el consumo de energía de la población de la cuenca de 306.00 GW. En el año cero correspondiente al año 2014 la dinámica de la energía se manifiesta con un consumo de energía per cápita de 618 Kwh, siendo el consumo de energía de la población de la cuenca de 523.43 GW. En el año 2039 después de 25 años el consumo de energía per cápita sube a 1,282 Kwh y el consumo de energía de la población de la cuenca será de 1,537.13 GWH. Tal situación aumenta la presión de la demanda y producción de energía en el sistema interconectado de energía nacional y de la hidroeléctrica de Carhuaquero en la cuenca del Chancay Lambayeque.

La Dinámica de los Residuos Sólidos.

La dinámica de los residuos sólidos del ecosistema Chiclayo se manifiesta por acumulación indiscriminada de los residuos sólidos en el área natural del entorno de las áreas urbanas. Desde el año 2007 se considera una producción per cápita de residuos sólidos de 0.43 Kg/persona/día, obteniéndose un total de 336.5 Ton/día en ese año, la acumulación de residuos sólidos desde el año 1980 hasta el 2007 es de 3´316,207 Toneladas; si consideramos una relación peso/área de disposición final de residuos sólidos de 29,200 Toneladas/Hectárea, se obtiene un requerimiento de área de 113 hectáreas en este año. En el año 2014 la producción diaria de residuos sólidos de 364.2 Ton/día y un estimado de acumulación de residuos sólidos de 4´176,022 Toneladas; si consideramos una relación peso/área de disposición final de residuos sólidos de 29,200 Toneladas/Hectárea, se obtiene un requerimiento de área de 143 hectáreas en este año. En el año 2039 se tendría un estimado de 7'989,586 Toneladas; si consideramos una relación peso/área de disposición final de residuos sólidos de 29,200 Toneladas/hectárea, se obtiene un requerimiento de área de 274 hectáreas en ese año. Tal situación va a aumentar la presión por las áreas adecuadas para la disposición final de residuos sólidos en contra del área natural de la cuenca que cada vez es menor.

La Dinámica de los Gases Efecto Invernadero.

La dinámica de la emisión de gases efecto invernadero del ecosistema Chiclayo se manifiesta por la emisión de gases efecto invernadero por el creciente parque automotor del área urbana de dicho ecosistema. Las principales emisiones detectada son: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Monóxido de Carbono (CO), Dióxido de Azufre (SO2), Óxidos de Nitrógeno (NO y NO2), Compuestos Orgánicos Volátiles (COV). En el año 2007 se considera una emisión anual de gases efecto invernadero ocasionada por el parque automotor de Chiclayo de: PTS 379,200 Toneladas, CO 25´560,000 Toneladas, SO2 1´473,000 Toneladas, NOx 3´553,800 Toneladas y COV 4´758,000 Toneladas. En el año 2014 se considera una emisión anual de gases efecto invernadero ocasionada por el parque automotor de Chiclayo de: PTS 1´329,323 Toneladas, CO 89´603,136 Toneladas, SO2 5´163,749Toneladas, NOx 12´458,201 Toneladas y COV 16´679.645 Toneladas. La acumulación de GEI anual es de 125´234,054 toneladas. Después de 25 años en el año 2039 se considera una emisión anual de gases efecto invernadero ocasionada por el parque automotor de Chiclayo de: PTS 2´525,914 Toneladas, CO 170´259,420 Toneladas, SO2 9´811,898Toneladas, NOx 23´672,454 Toneladas y COV 31´693,831 Toneladas. La acumulación de GEI anual es de 237´963,517 toneladas

El incremento del crecimiento del parque automotor y la incompleta estructura vial de la ciudad de Chiclayo son condicionantes para

agudizar el problema del tránsito en esta ciudad y por consecuencia el aumento incesante de la emisión de gases efecto invernadero y contaminación ambiental de los principales nodos urbanos de la ciudad. Como se puede apreciar en la modelación de la emisión de los GEI anual el año 2039 se tendría una acumulación de 237´963,517 toneladas, es decir 112´729,463 toneladas más que en el año 2014. Un factor que amortigua tal efecto es la presencia de vientos con velocidades importantes.

Entonces el Modelo de Sostenibilidad Urbano Ambiental de Chiclayo se puede sintetizar de la siguiente manera:

Modelo del Equilibrio de Sostenibilidad del Ecosistema Chiclayo

SECH: EUACH=ENCCH

SECH = Sostenibilidad del Ecosistema Chiclayo
EUACH= Ecosistema Urbano Ambiental de Chiclayo
ENCCH= Ecosistema Natural de la Cuenca Chiclayo

El Modelo se basa en primer lugar en la hipótesis de la sostenibilidad Urbana Ambiental, que dice: "La Sostenibilidad Urbana Ambiental está dada por el equilibrio que debe existir entre las dimensiones del ecosistema urbano y el ecosistema natural de la cuenca donde se desarrolla y la región de influencia de la ciudad de Chiclayo". Esta se expresa con el equilibrio que debe existir entre el ecosistema urbano ambiental de Chiclayo y el ecosistema natural de la cuenca, el ecosistema urbano ambiental compuesto por el área urbana de la ciudad de Chiclayo, las áreas económicas, industriales, agrícolas y mineras de la cuenca Chiclayo. Las cuales deberán estar en equilibrio con el área natural de la cuenca Chiclayo (Parte baja de la Cuenca del rio Chancay Lambayeque en la región Lambayeque).

Modelo del Equilibrio de Sostenibilidad Urbana Ambiental del Ecosistema Chiclayo

SUA: EUACH = ∑ AU + (AI+AA+AM) = ENCCH

SUA = Sostenibilidad Urbana Ambiental
EUACH= Ecosistema Urbano Ambiental de Chiclayo
AU = Área Urbana
AI = Área Industrial
AA = Área Agrícola
AM = Área Minera
ENCCH= Ecosistema Natural de la Cuenca Chiclayo

La hipótesis de la Sostenibilidad Económica está dada por "la capacidad económica de la población en asumir los costos de una gestión urbana ambiental adecuada en la ciudad de Chiclayo y su entorno natural de influencia". Esta sostenibilidad Económica se expresa en el equilibrio planteado entre el EUACH y ENCCH debe sostenerse económicamente en armonía con los ingresos económicos promedio de las familias chiclayanas.

Modelo del Equilibrio de Sostenibilidad Económica del Ecosistema Chiclayo

SE: IFCH = C (EUACH = ENCCH)

SE = Sostenibilidad Económica
IFCH = Ingresos Económicos de Familias Chiclayanas
C = Costo

La hipótesis de la Sostenibilidad Social está dada por "el involucramiento de la sociedad civil en Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo y la necesidad que esta participe activamente, en la formulación, implementación, ejecución y monitoreo de este proceso". Esta sostenibilidad social se debe manifestar a través de la cogestión local inspirada en valores, participativa y transparente.

Modelo del Equilibrio de Sostenibilidad Social del Ecosistema Chiclayo

SS: CGS = GM (EUACH = ENCCH)

SS = Sostenibilidad Social
CGS = Co Gestión Social
GM = Gestión Municipal

Además de temas específicos relevantes para la ciudad de Chiclayo contribuirán significativamente en la sostenibilidad del ecosistema Chiclayo tales como:

El primer tema específico es la actualización del Plan de Racionalización del tránsito y transportes de la ciudad con la inclusión de la propuesta de un Sistema de Transporte Urbano Masivo y el funcionamiento de Terminales de Transporte de Pasajeros a nivel Nacional y de Carga. El cual apunta a darle sostenibilidad y calidad a la conectividad urbana de la ciudad (PRT).

El segundo tema específico es la Ubicación del Terminal Portuario y Reubicación de un nuevo Aeropuerto Internacional hacia nuevas zonas del área metropolitana por problemas de seguridad de la ciudad, y que se articule adecuadamente con las nuevas zonas industriales propuestas, el cual apunta a darle sostenibilidad y calidad a la conectividad global de la ciudad (RAITE).

El tercer tema específico es el consumo de energía residencial mayor al promedio establecido, el consumo comercial e industrial financiarían a través de una tasa de manejo y reforestación de la cuenca alta y media del Chancay Lambayeque donde se encuentra la Hidroeléctrica Carhuaquero. El cual apunta a darle sostenibilidad al manejo de la producción de energía (CERCI).

El cuarto tema específico es el manejo del agua de la cuenca del Chancay Lambayeque orientándolo hacia proyectos de agro exportación con riego tecnificado y eliminando el riego por inundación de los mono-cultivos de arroz y caña de azúcar, cultivos con necesidades excesivas de agua que afectan la hidrogeología natural de la cuenca provocando su salinización, elevación de la napa freática y malogrando la calidad de la estructura del suelo, bajando su resistencia. El cual apunta a darle sostenibilidad y tecnificación al manejo del agua de la cuenca (MATR).

El quinto tema es la propuesta de una Planta de Tratamiento Integral de los Residuos Sólidos en las Pampas de Reque y Clausura del Botadero Actual. El cual apunta a darle sostenibilidad al manejo de los residuos sólidos de la ciudad (PTIRS).

El sexto tema es la redefinición del Área Monumental de la ciudad de Chiclayo con nuevos límites y nuevos lineamientos referidos a las características del Contexto Histórico Monumental que se debe respetar en la ciudad de Chiclayo. El cual apunta a darle sostenibilidad a la conservación del patrimonio histórico monumental de la ciudad (RAM).

El séptimo tema es la gestión de la Municipalidad Provincial de Chiclayo involucrará procesos participativos de implementación y monitoreo del Plan Urbano Ambiental de la ciudad, así como de los Presupuestos Participativos para financiar los proyectos de inversión priorizados; y la recreación de organizaciones de la sociedad civil que interactúen con la Municipalidad en la gestión urbano-ambiental como la Comisión Ambiental Municipal. Buscando la transparencia y la minimización de actos de corrupción en la gestión. El cual apunta a darle sostenibilidad a la gestión municipal basada en valores, participativa y trasparente de la ciudad (GMV).

Modelo del Equilibrio de Sostenibilidad Especifica del Ecosistema Chiclayo

$$SECH = \sum SUA + SE + SS + S(PRT+RAITE+CERCI+MATR+PTIRS+RAM+GMV)$$

PRT = Plan de Racionalización del Transporte
RAITE= Reubicación del Aeropuerto Internacional hacia el Terminal de Puerto Eten
CERCI= Consumo de Energía Residencial, Comercial e Industrial
MATR = Manejo del Agua y Tecnificación del Riego
PTIRS = Planta de Tratamiento Integral de Residuos Sólidos
RAM = Redefinición del Área Monumental
GMV = Gestión Municipal basada en Valores

INDICADORES	ASPECTO	DETERMINACIÓN
Emisiones Atmosféricas	AMBIENTAL	
Emisiones de gases productores de lluvia acida.	AMBIENTAL	
Producción de residuos sólidos.	AMBIENTAL	
Disposición de residuos sólidos.	AMBIENTAL	
Volumen total de agua residuales domesticas no tratadas	AMBIENTAL	
Reducción de la cobertura vegetal	AMBIENTAL	
Calidad del aire	AMBIENTAL	
Escasez de agua (frecuencia, extensión y duración)	AMBIENTAL	
Calidad de agua de abastecimiento	AMBIENTAL	
Porcentaje de areas de inestabilidad geológica ocupadas	AMBIENTAL	
Sitios contaminados	AMBIENTAL	
Especies extintas o amenazadas / especies conocidas	AMBIENTAL	
Cobertura vegetal	AMBIENTAL	
Perdida de la Biodiversidad	AMBIENTAL	
Alteración de microclima	AMBIENTAL	
Legislación de protección de manantiales	AMBIENTAL	
Reglamentación y control de las emisiones de fuentes fijas y móviles.	AMBIENTAL	
Presencia de acciones de la Agenda 21 local.	AMBIENTAL	
Población en asentamientos humanos autorizados y no autorizados.	URBANO	
Distribución modal	URBANO	
Tasa de motorización	URBANO	
Superficie de los asentamientos urbanos autorizados y no autorizados.	URBANO	
Cambio de suelo no urbano por suelo urbano.	URBANO	
% de areas de Centros históricos deteriorados/total del Area Construida local.	URBANO	
Deterioro de centros históricos	URBANO	
Perdida de atracción urbana.	URBANO	
Existencia de planes directivos urbanos	URBANO	
Total de areas rehabilitadas / total de areas degradadas	URBANO	
Consumo de agua per cápita.	ECONOMICO	
Consumo anual de energía per cápita.	ECONOMICO	
Indice GINI de desigualdad de ingresos	ECONOMICO	
Gastos de salud publica debido a enfermedades provenientes de recursos hídricos.	ECONOMICO	
Costos de captación / Tratamiento del agua.	ECONOMICO	
Gastos en obras de contención y prevención. de riesgos ambientales.	ECONOMICO	
Gastos en recuperación de monumentos y centros históricos.	ECONOMICO	
Carencia de recaudación fiscal.	ECONOMICO	
Depreciación inmobiliaria	ECONOMICO	
Impuestos tomando como base el principio contaminante / Pagador-Usuario / Pagador.	ECONOMICO	
Notificaciones preventivas y multas por violaciones a las normas de disposición de residuos sólidos.	ECONOMICO	
Inversión y gestión de residuos sólidos.	ECONOMICO	
Inversion en areas verdes.	ECONOMICO	
Inversión en recuperación ambiental	ECONOMICO	
Inversión de transporte público.	ECONOMICO	
Inversión en sistemas abastecimiento de agua y alcantarillado.	ECONOMICO	
Crecimiento de la Población	SOCIAL	
Incidencia de enfermedades provenientes de recursos hídricos.	SOCIAL	
Incidencia de enfermedades cardiorrespiratorias	SOCIAL	
Incidencia de enfermedades por intoxicación y contaminación.	SOCIAL	
Población residente en áreas de vulnerabilidad urbana	SOCIAL	
Índice de criminalidad juvenil.	SOCIAL	
Numero de ONG con respecto al medio ambiente a nivel local	SOCIAL	
Relaciones domiciliares.	SOCIAL	

Figura N° 4. *Determinación de Indicadores de Sostenibilidad por Aspecto. Elaboración del autor*

Se ha determinado la construcción de 18 indicadores ambientales, 10 Indicadores Urbanos, 16 Indicadores Económicos y 08 Indicadores Sociales.

INDICADOR	ASPECTO ESPECIFICO
Área del Ecosistema Urbano/ Área del Ecosistema Natural	SOSTENIBILIDAD URBANA AMBIENTAL
Área del Ecosistema Urbano/ Área de la región de influencia	
Número de Habitantes del Ecosistema Urbano/ Área del Ecosistema Natural	
Número de Habitantes del Ecosistema Urbano/ Área de la Región de Influencia.	
Ingreso Familiar promedio en la ciudad de Chiclayo por estratos	SOSTENIBILIDAD ECONOMICA
Costo de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral del Recurso Hídrico en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral del recurso energético en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral de la Atmosfera en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral de las Zonas de Reserva Ecológica en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral de las Zonas de Reserva Arqueológica en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral de las Zonas Urbanas Monumentales en Chiclayo	
Costo de la Gestión Integral Urbana Ambiental en Chiclayo	
N° de personas que conocen los lineamientos del PDUA Chiclayo	SOSTENIBILIDAD SOCIAL
N° de personas que conocen las actividades de implementación del PDUA Chiclayo	
N° de personas que conocen las actividades de ejecución del PDUA Chiclayo	
N° de personas que conocen las actividades de monitoreo del PDUA Chiclayo	
N° de personas satisfechas con la Racionalización del Tránsito y Transportes	La Actualización del Plan de Racionalización del Tránsito y Transportes de la Ciudad
N° de personas que usan satisfactoriamente el Sistema de Transportes Urbano Masivo	
N° de personas que usan satisfactoriamente el Terminal Terrestre de Pasajeros Nacional	
N° de empresas que usan satisfactoriamente el Terminal Terrestre de Carga Nacional	
N° de personas satisfechas con el uevo Aeropuerto Internacional de Chiclayo	La Reubicación de un Nuevo Aeropuerto Internacional
Consumo de Energia en Kilovatios/hora	El Consumo de Energía Residencial Mayor al Promedio
Nuevos Soles pagados a la Municipalidad por Usurarios Consumidores Mayores del Promedio	
Nuevos Soles Invertidos por la Municipalidad en el Manejo y Descontaminación de la Cuenca	
Nuevos Soles Invertidos por la Municipalidad en la Reforestación de la Cuenca	
Nuevos Soles invertidos por la Municipalidad en el Manejo de Proyectos de Agro Exportación	El Manejo del Agua de la Cuenca del Chancay Lambayeque
N° de Personas Satisfechas con la Planta de Tratamiento Integral de los Residuos Sólidos	La Planta de Tratamiento Integral de los Residuos Sólidos
N° de Personas Satisfechas con la Clausura del Botadero Actual	
N° de Personas Satisfechas con la Redefinición del Área Monumental de Chiclayo	La Redefinición del Área Monumental de la Ciudad de Chiclayo
N° de personas Satisfechas con las Características de Conservación del Área Monumental	
N° de Procesos Participativos para la implementación del PDUA Aceptados Satisfactoriamente	La Gestión de la Municipalidad Provincial de Chiclayo
N° de Procesos Participativos para el Monitoreo del PDUA Chiclayo Aceptados Satisfactoriamente	
N° de Talleres del Presupuesto Participativo Aceptados Satisfactoriamente que Financian Proyectos del PDUA	
N° de Instituciones del Presupuesto Participativo Aceptadas Satisfactoriamente que Financian Proyectos del PDUA	
N° de Proyectos de Inversión del PDUA Financiados por el Presupuesto Participativo	
N° de Proyectos de Inversión del PDUA Ejecutados y Financiados por el Presupuesto Participativo Municipal	
N° de Instituciones que Participan de la Cogestión las Actividades Urbano Ambientales	
N° de Asambleas de las Instituciones Multisectoriales que Cogestionan las Actividades Urbano Ambientales	
N° de Acuerdos de las Instituciones Multisectoriales que Cogestionan las Actividades Urbano Ambientales	
N° de Actos de Corrupción Detectados de la Actividad Municipal	
N° de Actos de Corrupción Denunciados de la Actividad Municipal	
N° de Actos de Corrupción Neutralizados de la Actividad Municipal	
N° de Actos de Corrupción Erradicados de la Actividad Municipal	

Figura N° 5. *Determinación de Indicadores de Sostenibilidad Específicos. Elaborado por el autor.*

Se han planteado 44 nuevos Indicadores Específicos de la sostenibilidad para el desarrollo urbano ambiental de la ciudad de Chiclayo, relacionados con los temas de sostenibilidad urbana ambiental; sostenibilidad económica; sostenibilidad social; la Actualización del Plan de Racionalización del tránsito y transportes de la ciudad;la Reubicación de un nuevo Aeropuerto Internacional hacia nuevas zonas del área metropolitana; el consumo de energía residencial mayor al promedio establecido; el manejo del agua de la cuenca del Chancay Lambayeque; la propuesta de una Planta de Tratamiento Integral de los Residuos Sólidos; la redefinición del Área Monumental de la ciudad de Chiclayo; y la gestión de la Municipalidad Provincial de Chiclayo.

Resultados de la Verificación de Indicadores de Sostenibilidad en el Área Metropolitana de Chiclayo

A continuación, se elaborará la ponderación de los indicadores en el Área Metropolitana de Chiclayo con el fin de determinar la incidencia de los indicadores en la sostenibilidad de esta. La metodología planteada para ponderar la incidencia de los 96 indicadores de la sostenibilidad fue la realización de 05 reuniones con especialistas en el ecosistema de esta área metropolitana. Con el fin de evaluar y ponderar el resultado de los 96 indicadores en el desarrollo sostenible de cada uno de los 12 distritos del área metropolitana de Chiclayo; agrupados en 05 aspectos, ambiental, urbano, económico, social y específicos, generados en esta investigación. Los resultados se obtuvieron durante un período de trabajo del mes de noviembre del 2012 a abril del 2013.

Síntesis de los Resultados de la Ponderación de Indicadores

Los resultados fueros ubicados en una escala de sostenibilidad creada a propósito para calificar dicha ubicación en la totalidad de una puntuación hipotética. Esta escala de la sostenibilidad contiene 09 niveles de sostenibilidad.

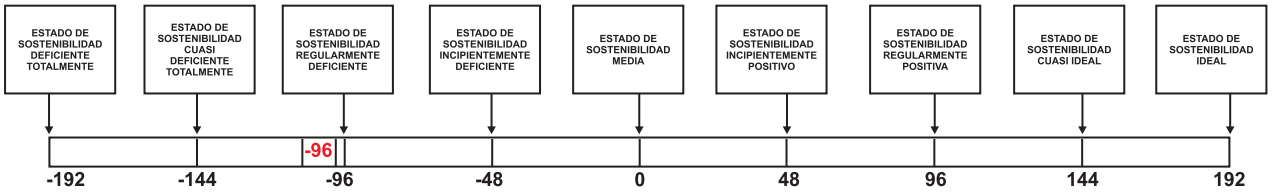

Figura N° 6. *Ponderación de la Sostenibilidad del PDUA en el Área Metropolitana de Chiclayo. Elaborado por el autor.*

El resultado de la sostenibilidad del PDUA en el Área Metropolitana de Chiclayo de -96 de acuerdo a la ponderación realizada tiene una calificación de Estado De Sostenibilidad Regularmente Deficiente de acuerdo a la escala propuesta.

Discusión

En el análisis del Diagnostico y la Propuesta Urbano Ambiental de Chiclayo se encuentra que no se ha tenido en cuenta la metodología GEO Ciudades (PNUMA 2003), para su elaboración, ya que estos resultados indican una escasa presencia de estos indicadores; indicadores de presión, indicadores de estado, indicadores de impacto e indicadores de respuesta. Obteniéndose un promedio de presencia de indicadores PEIR de la metodología GEO Ciudades de 23.7% y 17% respectivamente. La escasa presencia de indicadores en el Diagnostico y la Propuesta Urbana Ambiental hace imposible evaluar la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo.

En la Construcción de Nuevos Indicadores de Sostenibilidad para el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad de Chiclayo se han determinado 52 Indicadores de acuerdo a la metodología GEO Ciudades; 18 Indicadores Ambientales, 10 Indicadores Urbanos, 16 Indicadores Económicos y 08 Indicadores Sociales. Con el fin de relacionar más eficientemente la ciudad con su entorno natural, sus características y actividades urbanas, económicas y sociales.

Las principales falencias encontradas en el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental planteado por la Municipalidad Provincial de Chiclayo son las omisiones sistemáticas de temas e indicadores para la sostenibilidad en el Diagnostico Urbano Ambiental.

La modelación del ecosistema Chiclayo los próximos 25 años de las dinámicas poblacionales del ecosistema Chiclayo permite conocer cómo afecta la ocupación del suelo, las necesidades de viviendas, la dinámica del agua, la dinámica de la energía, la disposición de residuos sólidos y las emisiones de gases efecto invernadero; el equilibrio del ecosistema natural de la cuenca Chiclayo.

El Modelo de Sostenibilidad Urbano Ambiental de Chiclayo se basa en las hipótesis de la sostenibilidad urbana ambiental, económica y social. Esta se expresa con el equilibrio que debe existir entre el ecosistema urbano ambiental de Chiclayo y el ecosistema natural de la cuenca, El ecosistema urbano ambiental compuesto por el área urbana de la ciudad de Chiclayo, las áreas económicas, industriales, agrícolas y mineras de la cuenca Chiclayo, las cuales deberán estar en equilibrio con el área natural de la cuenca del rio Chancay Lambayeque en la región Lambayeque.

Los temas específicos relevantes para la ciudad de Chiclayo que contribuirán significativamente en la sostenibilidad del ecosistema Chiclayo. En ese sentido, se han planteado 44 nuevos Indicadores Específicos de la sostenibilidad para el desarrollo urbano ambiental de la ciudad de Chiclayo, relacionados con estos temas específicos.

Castro (2004) menciona que "*la regla de sostenibilidad se plantea como un equilibrio entre los criterios de eficiencia económica, calidad ambiental y equidad intra-intergeneracional*". Tal afirmación coincide con el enfoque de la construcción de estos indicadores.

En cuanto a la verificación y ponderación de indicadores de sostenibilidad para la ciudad de Chiclayo se han verificado 96 indicadores; 52 Indicadores y 44 indicadores de temas complementarios; con una metodología para determinar su incidencia en el área metropolitana de Chiclayo y en cada uno de los 12 distritos de esta. El resultado de la ponderación es de -96 de acuerdo a la ponderación realizada tiene una calificación de Estado De Sostenibilidad Regularmente Deficiente de acuerdo a la escala propuesta. Gómez (2010) menciona en la necesidad de añadir un nivel de evaluación cualitativa que permita la coherencia de los objetivos y las conclusiones del Plan; tal situación es completamente necesaria para el PDUA Chiclayo.

Conclusiones

El Diagnostico y Propuesta Urbano Ambiental de Chiclayo no ha tenido en cuenta la metodología GEO Ciudades empleado en GEO Chiclayo el 2007.

Escasa presencia en el Diagnostico y Propuesta Urbano Ambiental de Chiclayo de los indicadores de presión, indicadores de estado, indicadores de impacto e indicadores de respuesta; lo que representa presencia promedio de 23.7 y 17% respectivamente.

La escasa presencia de indicadores de Presión, Estado, Impacto y Respuesta; en el Diagnostico y la Propuesta Urbano Ambiental hace imposible evaluar la sostenibilidad de la ciudad de Chiclayo.

Se ha determinado la aplicabilidad de 52 Indicadores para la Sostenibilidad Urbano Ambiental de Chiclayo de la metodología GEO Ciudades en el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad.

En el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental se ha determinado que la principal falencia que tiene es la omisión sistemática de temas e indicadores para la sostenibilidad en el Diagnostico y Propuesta Urbano Ambiental; hay una notoria ruptura entre su Visión y Objetivos Estratégicos respecto al Modelo de Desarrollo Urbano y las Propuestas Específicas e Instrumentos de Gestión que se formulan para su implementación. Por tal motivo se determina como un tema relevante el presentar los indicadores ausentes del Diagnóstico y Propuesta Urbano Ambiental con el fin de monitorear el desarrollo urbano ambiental sostenible de la ciudad de Chiclayo.

La modelación del ecosistema Chiclayo los próximos 25 años de las dinámicas poblacionales del ecosistema Chiclayo permite conocer cómo afecta esta a la dinámica de ocupación del suelo, la dinámica del agua, la dinámica de la energía, la disposición de residuos sólidos y las emisiones de gases efecto invernadero; y por ende al equilibrio del ecosistema natural de la cuenca Chiclayo.

Se ha determinado un Modelo de Sostenibilidad de Chiclayo acorde con los objetivos de sostenibilidad de esta investigación Y responde a las hipótesis de sostenibilidad ambiental, económica y social planteadas en el marco metodológico de la Tesis; y temas específicos y relevantes para el desarrollo de la ciudad de Chiclayo.

Se proponen adicionar 10 nuevos temas en el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad para lograr la sostenibilidad.

Se ha planteado 44 nuevos Indicadores Específicos de la sostenibilidad para el

desarrollo urbano ambiental de la ciudad de Chiclayo, relacionados con los 10 nuevos temas planteados para el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad.

Se ha verificado la aplicabilidad de los 52 Indicadores para la Sostenibilidad; y 44 Indicadores relacionados con los10 nuevos temas planteados para el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de la ciudad.

De acuerdo a la escala de sostenibilidad propuesta en la investigación de la Tesis los resultados de la ponderación de la sostenibilidad del PDUA en el Área Metropolitana de Chiclayo son de -96; obteniendo una calificación de Estado De Sostenibilidad Regularmente Deficiente.

Como conclusión final y apreciando la ausencia importante de indicadores de sostenibilidad en el Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de Chiclayo; los desequilibrios de insostenibilidad de los recursos suelo, aire, energía, residuos y emisiones de GEI; la Construcción, Verificación y Ponderación de Indicadores; demuestran la complejidad que significa lograr los equilibrios de las hipótesis de sostenibilidad Urbano Ambiental, sostenibilidad Económica y la sostenibilidad Social. Sin embargo, la sostenibilidad más crítica del ecosistema es la sostenibilidad específica, por la falta de información y educación urbana ambiental, de involucramiento de la sociedad civil con el proceso del Plan Urbano Ambiental de la ciudad; es el tema más complejo de abordar en la sociedad civil chiclayana.

Bibliografía

Autoridad Nacional del Agua, (2008). Diagnóstico de los Problemas y Conflictos de la Gestión del Agua en la Cuenca Chancay-Lambayeque. Lima, Perú.

Castro Bonaño, J. Marcos, (2004). Indicadores de Desarrollo Sostenible. Una Aplicación para Andalucía. Tesis doctoral. Instituto de Estadística de Andalucía, España.

Gómez Villarino, Mauricio, (2010), Evaluación Ambiental Estratégica: Desarrollo de Un Modelo Metodológico para la Evaluación de la Sostenibilidad Ambiental en la Planificación Urbanística. Madrid, España.

Instituto Nacional De Desarrollo Urbano INADUR, (1992). Plan de Desarrollo Chiclayo 2020, Chiclayo, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2006) Plan Nacional de Desarrollo Urbano del Perú, Lima, Perú.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, (2008). Proyecto de Ley de Desarrollo Urbano del Perú, Lima, Perú.

Municipalidad Provincial de Chiclayo, (2010), Plan de Desarrollo Urbano Ambiental de Chiclayo, Chiclayo, Perú.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (2007), Informe GEO Chiclayo, Chiclayo, Perú.

Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, (2003), Metodología para la Elaboración de los Informes GEO Ciudades, México, México.