

Ciudad, actividad urbana y población. Indicadores tendenciales de insostenibilidad ambiental

Mario Alejandro Paz Calderón¹
Mario German Martínez Caicedo²

Palabras clave: impacto, política, recursos, sostenibilidad, urbano.

Resumen

El presente artículo da cuenta del desarrollo de un trabajo investigativo realizado durante séptimo, octavo y noveno semestre de formación profesional en arquitectura, forjado desde el grupo institucional de Semilleros de Investigación de la Universidad CESMAG. En dicho trabajo se abordan diversos temas como demografía, densificación e indicadores ambientales en consumo, con un enfoque en el desarrollo sustentable en espacios urbanos, a partir de un análisis cuantitativo de impactos ambientales. Ciudades intermedias como San Juan de Pasto experimentan un rápido y desmedido crecimiento urbano, lo cual requiere vincular medidas ambientales precisas que definan lineamientos de ordenamiento ambiental en la ciudad; por consiguiente, se establece una metodología de medición estadística inspirada en la Matriz de Leopold, donde se califica cuantitativamente la tendencia de impacto ambiental en relación a indicadores en consumo de agua, energía y generación de residuos sólidos; asimismo, se desarrollan modelos prospectivos como una herramienta estratégica de anticipación, al estimar el comportamiento urbano ambiental a futuro, en variaciones de consumo de recursos energéticos para los próximos años. Como resultado de esta investigación se define que la actividad de construcción genera un alto impacto, y se concluye que la vivienda residencial en altura, junto a la densidad urbana, influye de manera significativa en el metabolismo urbano de las ciudades.

¹ Arquitecto, Universidad CESMAG. Correo electrónico: maopaz16@gmail.com

² Magister en Construcción, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Docente Tiempo Completo, Facultad de Arquitectura y Bellas Artes e Investigador, grupo de investigación *Alarife*, Universidad CESMAG. Correo electrónico: mgmartinez@unicesmag.edu.co

Introducción

La urbanización, como la transición demográfica, afecta en su mayoría a ciudades intermedias, cuyas características de lugares propicios para el desarrollo, producen invariablemente presión sobre los bienes y servicios ambientales, modificando en cierta medida los patrones de desarrollo urbano y las redes de servicios (agua, energía, alcantarillado), afectando la estructura e incrementando la vulnerabilidad de los sistemas, para finalmente alterar de manera significativa la calidad de vida de los habitantes.

Desde esta perspectiva, San Juan de Pasto como las demás ciudades intermedias, protagoniza un crecimiento urbano acelerado en las últimas décadas, dado que la principal demanda de la ciudadanía es de origen habitacional, por lo tanto, parte de la atención de gobiernos y entidades públicas ha sido el abastecimiento de servicios, mas no la solución de una densificación abismal que consume recursos y vulnera la sostenibilidad ambiental.

Un escenario como el descrito plantea, por un lado, un urbanismo flexible que responda a condiciones cambiantes sobre las prioridades de inversión de las ciudades y en la lógica impulsiva del desarrollo de finanzas desde la urbanización y, por otro lado, se

confirma que hasta ahora no existe un modelo de precisión estadística que califique de manera objetiva las tendencias de impacto y evalúe criterios de sostenibilidad urbana a futuro a partir de las tendencias demográficas y de las actividades humanas.

Por esta razón, la investigación en mención propone mediante métodos cuantitativos, ser un modelo de valoración estadística que defina las tendencias de impacto ambiental negativo a escala urbana, partiendo del estudio de la densidad demográfica, índices en consumo de recursos energéticos y la caracterización en los usos de suelo de los sectores urbanos. Así mismo, la investigación permite ser un modelo cuantitativo, susceptible de replicarse en áreas urbanas de características similares al lugar de estudio, definidas como ciudades emergentes, a razón de conocer de manera estadística problemas de calidad ambiental urbana, desde la caracterización del sector y picos en consumo de energía.

Por otra parte, el sistema de evaluación de tendencias de impacto ambiental, al ser considerado como método de predicción físico matemático, servirá como herramienta de apoyo en la gestión sostenible y el manejo integral de los recursos naturales, lo mismo que de referencia en la elaboración de alternativas y normas generales que fortalezcan la toma de decisiones a nivel de políticas públicas, planes y el desarrollo de proyectos ambientales.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló a partir de un método de medición estadística, inspirada en la Matriz de Leopold, en cuanto se identifica y evalúa las variables ambientales más afectadas en procesos urbanos y en los patrones de crecimiento poblacional en los últimos años, permitiendo de esta manera, cuantificar y cualificar acciones en espacio y tiempo, las condiciones del fenómeno urbano y del medio físico afectado en el perímetro urbano (Cotán, 2007).

Además, dicha Matriz se considera un control bidimensional, donde en una dimensión se presentan las características del proyecto (actividades o acciones que pueden causar dicho impacto) y en su otra dimensión se establecen las categorías ambientales de incidencia directa con el proyecto de estudio (Variables ambientales); el método de evaluación aplicado está basado en una lista de chequeo simple, definida según el grado de **magnitud e importancia** del

impacto, siendo la calificación ambiental resultante la valoración subjetiva en cuanto a la magnitud e importancia de las variables y acciones consideradas en la investigación. (Ver tabla 1).

Magnitud

Estimación del impacto y del grado según su escala y contexto. Su valoración (1-5) estará en la esquina superior izquierda de cada celda, donde 1 será igual a la mínima y el signo + será valorado como un impacto positivo.

Importancia

Valor ponderal en relación a la importancia y afectación directa con el impacto ambiental en la extensión o zona territorial afectada. Su valoración también será de 1-5, donde 5 corresponderá al máximo grado de importancia.

En primera instancia, la metodología se aplicó al perímetro urbano de la ciudad de Pasto, desarrollando una evaluación ambiental subjetiva, con resultados cuantitativos a partir del levantamiento de información, al considerar variables ambientales directas con la investigación. Por otra parte, el estudio de Impacto Ambiental [IA] identifica a través de indicadores ambientales en consumo de agua, energía y generación de residuos sólidos, que las actividades humanas son fuentes generadoras de impacto desde la caracterización del suelo urbano, al igual que la densificación de la vivienda social en altura, en tejidos urbanos de morfología densa y compacta; por lo anterior, se estudia dos polígonos urbanos de la misma ciudad, con el fin de establecer diferentes indicadores en consumo, respecto al número de habitantes, caracterización del sector e índices de edificabilidad.

Para la identificación y análisis de las variables ambientales consideradas se desarrolló cuadros de información como soporte de elección ante amenazas encontradas; del mismo modo, es necesario identificar la relación causa-efecto y evaluar aspectos ambientales causados por acciones humanas como indicativos tendenciales de impacto.

Tabla 1

Matriz de Leopold adaptada para la calificación de impactos ambientales en el perímetro urbano de la ciudad de San Juan de Pasto

				ACCIONES HUMANAS QUE PUEDEN CAUSAR IMPACTO AMBIENTAL																
SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTOR AMBIENTAL	ACTIVIDADES DOMESTICAS			ACTIVIDADES AGRICOLAS			ACTIVIDADES INDUSTRIALES			ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN Y EDIFICACIÓN			ACTIVIDADES COMERCIALES Y SERVICIOS			EVALUACIÓN FACTOR COMPONENTE	
				Vertimiento de aguas servidas	Consumo de Recurso	Desechos Organicos	Deforestación	Consumo de Recursos	Desechos Organicos	Vertimiento de aguas servidas	Consumo de Recursos	Desechos Solidos	Deforestación Usos del Suelo	Consumo de Recursos	Desechos Solidos	Vertimiento de aguas servidas	Consumo de Recursos	Desechos Solidos		
MEDIO NATURAL	Físico	VARIABLES AMBIENTALES	Aire	GEI	0	-4	-2				0	-3	-3				0	-4	-2	-27
			Partículas	0	0	0				0	-2	-3				0	0	0	-6	
			Ruido	0	0	0				0	1	0				0	1	0	-3	
			Suelo	Cambio de Uso	0	0	0				0	0	0				0	0	0	-6
			Explotación	0	-3	0				0	-2	0				0	0	0	-16	
			Contaminación	0	0	+4				0	0	+1				0	0	+4	-8	
		Agua	Calidad	-4	0	0				-1	0	0				-2	0	0	-11	
		Disminución del recurso	0	-5	0				0	-3	0				0	-3	0	-22		
		Alternación del cause	-4	0	0				-4	0	0				-2	0	0	-14		
		Energía	Consumo energético	0	-4	0				0	-3	0				0	-4	0	-16	
		EVALUACIÓN / ACCIONES		8	16	2	13	8	3	5	14	6	16	17	3	4	12	2		
		EVALUACIÓN / ACTIVIDADES		10	20	5	25	8	2	5	23	8	23	21	7	6	17	5		
				26	35		24	35		25	36		36	51		18	28			

Nota. Autoría propia. Dentro de las acciones humanas que pueden causar un alto impacto están las actividades de construcción y edificación, con 36 puntos de importancia y 51 en magnitud.

En la Tabla 1 se obtienen resultados a partir de la evaluación puntual de acciones y factores, hasta resultados ponderados en las actividades de relación con las actividades humanas y en la vulnerabilidad de las variables ambientales, como componentes que inciden directamente en tendencias de impacto ambiental.

Desde esta perspectiva, al considerar como impacto ambiental la alteración de la calidad del medio ambiente, producto de una actividad humana, se determinó que las variables de mayor importancia para el desarrollo de la investigación corresponden a los servicios de energía y agua potable.

Polígonos urbanos de estudio

La ciudad de San Juan de Pasto se contempla como modelo de estudio buscando comprender las dimensiones medioambientales del territorio urbano en procesos de densificación y consumo que ocurren a partir de los cambios demográficos y la huella urbana; en este sentido, ante la iniciativa de describir las dinámicas urbanas que ha caracterizado a la construcción de nuevos edificios desde el año 2000 hasta finales del 2018, se desarrolló un inventario en edificaciones residenciales en altura, al considerar un incremento de nuevas viviendas multifamiliares en las últimas dos décadas.

Tabla 2
Etapas de descripción del edificio

Descripción	Número de integrantes por hogar, estrato
Localización: Barrio – Dirección, nombre de la edificación.	Número de predio
	Número de apartamentos
	M2 construidos
	Número de pisos
	Año de construcción

Nota. Autoría propia. En este proceso se desarrolló una serie de visitas de campo y se actualizó información calificada de fuentes como la Cámara Colombiana de la Construcción [Camacol].

Figura 1
Zonificación, uso de suelos en polígonos de estudio.

Del mismo modo, un mapeo de densificación en el área urbana midió los patrones de distribución de las nuevas construcciones, con la posibilidad de reconocer las áreas urbanas de alta densidad y el número de edificios residenciales, en datos estadísticos.

Bajo el método evaluativo de la Matriz de Leopold y adaptada para la evaluación cuantitativa, el estudio se realizó en dos áreas urbanas distintas de la misma ciudad, comuna 9 y 3 respectivamente, donde por medio de un muestreo aleatorio simple, se escogió en principio a dos barrios urbanos de similar extensión y de características urbanas morfológicas diferentes, desde su densidad y densificación de la vivienda en altura. Para terminar, se agregaron barrios colindantes al primer modelo de estudio, para obtener una muestra representativa compuesta de 200 hectáreas, que denominamos polígono norte y polígono sur.

A su vez, y luego de identificar los polígonos de estudio, se representa de manera gráfica los usos de suelo que existen entre cada una de las áreas urbanas, desde la caracterización de los sectores, que establecen el comportamiento de las actividades y condiciones del territorio.

En la Figura 1 se observa el predominio del polígono norte en actividades de tipo comercial y de servicio, consecuente a los elementos necesarios que fortalecen el correcto funcionamiento de dichos establecimientos: infraestructura vial, ubicación al centro de la ciudad, cercanía a puntos de servicios, entre otros.

Para estimar el consumo energético por sector, se desarrolló un inventario cuantitativo definido por la caracterización de los barrios, identificando el total de viviendas unifamiliares, edificaciones de tipo residencial, uso mixto, comercial e institucional y de culto, descritas en la Tabla 3.

Polígono norte



Polígono sur



- | | | |
|-------------|-----------------|-------------------|
| ● Vivienda | ● Uso mixto | ● Comercio |
| ● Culto | ● Institucional | ● Ed. Residencial |
| ● Ed. hotel | ● Ed. oficinas | |

Nota. Autoría propia.

Tabla 3
Información general de la muestra representativa

Información Sector			
Norte		Sur	
Comuna	9	Comuna	3
Área	100 Ha.	Área	100 Ha.
Habitantes estimados	28.516	Habitantes estimados	26.492
Estrato	4 y 5	Estrato	2
No. Manzanas	103	No. Manzanas	206
Vivienda unifamiliar	1.754	Vivienda unifamiliar	5.484
No. Aptos.	4.888	No. Aptos.	220
Vivienda colectiva en altura	246	Vivienda colectiva en altura	41
Edf. Oficinas	14	Edf. Oficinas	1
Edf. Hotel	8	Edf. Hotel	7
Uso institucional	12	Uso institucional	1
Culto	3	Culto	6
Uso comercial	104-140	Uso comercial	18-15
Vivienda uso mixto	487	Vivienda uso mixto	919
Densidad de vivienda unifamiliar / ha.	18	Densidad de vivienda unifamiliar / ha.	49
Densidad de vivienda colectiva / ha.	6	Densidad de vivienda colectiva / ha.	1
Morfología de alturas existente	4-8 pisos	Morfología de alturas existente	2 pisos
Morfología de alturas POT.	7 pisos	Morfología de alturas POT.	3 pisos
Área de lote hasta	350 mts 2	Área de lote hasta	78 mts 2
Potencial de crecimiento en altura		Bajo potencial de crecimiento en altura	

Nota. Autoría propia. El polígono norte aún cuenta con 19.245 m2 edificables libres para construir, respecto a 5.826 m2 correspondientes al polígono sur.

El desarrollo urbano sectorial se manifiesta en la productividad y en la mezcla de usos que ofrecen los barrios para sus habitantes, permitiendo de esta manera ser atractivos en cuestiones de calidad y prestación de servicios; a tal hecho, es coherente apreciar que el mayor número de habitantes corresponde al perímetro norte, debido a un alto porcentaje de unidades de vivienda por edificio residencial que este presenta.

Los resultados obtenidos en el análisis anterior, permiten clarificar algunos aspectos en la relación entre compacidad y densificación, considerando esta última más relevante en el polígono norte, dada la demanda habitacional existente en tejidos urbanos mixtos que fortalecen la integración de la actividad productiva y que activan el desarrollo de la vivienda residencial en altura, en sectores cercanos al centro feudal de la ciudad, como a equipamientos importantes que agregan un valor adicional al predio edificable.

Como se ha dicho, el objetivo de la investigación consistió en determinar la relación entre comportamiento urbano demográfico y tendencias de impacto ambiental negativo, basadas en un diagnóstico energético en diferentes áreas urbanas de la ciudad, por lo cual, para establecer el consumo de agua, energía y generación de residuos sólidos, se aplicaron indicadores ambientales según la actividad del sector, como al número de habitantes.

Para determinar tendencias de impacto ambiental, desde de la caracterización del sector, se consideran indicadores que cuantifiquen el comportamiento energético-ambiental, desde el consumo de recursos energéticos, originados a partir de las actividades más predominantes de los polígonos urbanos, siendo necesario conocer indicadores ambientales en las actividades de uso mixto, comercio menor, sector hotelero, oficinas, entre otros.

Tabla 4
Indicadores ambientales por habitante

Consumo por habitante			
N° hab.	Energía (kWh/ Mes)	Agua (Lt./Día)	R. Sólidos (Kg./Día)
X	34.88 kWh	170 Lt	0.63 kg

Nota. Elaboración propia con información tomada del BID, IDEAM y PERS. El número de habitantes estimado es correlacional al total de viviendas y apartamentos existentes por polígono, aplicando como unidad de medida el de cuatro (4) integrantes por hogar.

Tabla 5
Indicadores ambientales por establecimiento o actividad

Consumo energético por actividad			
Actividad M2	Energía (kWh/ Mes)	Agua (Lt./Día)	R. Sólidos (Kg./Día)
Uso Mixto	139.52	680	0.35
Comercio ^a	173.92	20 x M2	1.16
Ed. Hotel	732.1	500 x dormitorio	1.035
Oficinas ^a	242.99	6 x M2	1.16
Culto ^a	173.92	6 x M2	1.16

Nota. Elaboración propia con información tomada de PERS, IDEAM, BID, Melguizo, UAESP, UNAL y Montenegro. a: Los resultados en cada una de las actividades, varían según la fórmula o indicador aplicado, así para algunos casos, los metros cuadrados construidos representan el consumo base a obtener por actividad.

A continuación, para conocer valores numéricos y porcentajes en consumo de agua energía y generación de residuos sólidos por polígono de estudio, se analiza comparativamente los resultados mediante indicadores ambientales definidos previamente y aplicados con respecto a las actividades del suelo urbano, como al número de habitantes.

La Figura 2 revela que los picos importantes en consumo de agua por actividad, corresponden al sector residencial donde, por un lado, existe un mayor número de viviendas unifamiliares en el polígono sur y, por otra parte, el total de apartamentos del polígono norte es superior al del polígono sur, sin embargo, la diferencia en consumo de agua entre estos sectores se basa en el gasto que genera el sector comercial de predomino mayor en el polígono norte.

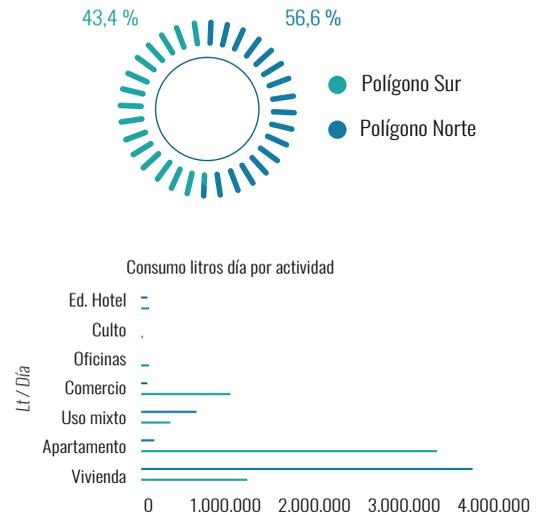
En términos concretos, al comparar los porcentajes obtenidos por cada polígono de estudio, se observa un consumo principal mas no contundente en el polígono norte, cuya razón estaría ligada a la influencia de la vivienda en altura, acompañada de la irregularidad de predios, siendo un sector que mantiene un número menor de viviendas unifamiliares respecto a la trama urbana del polígono sur, de morfología densa y compacta.

Con respecto a la Figura 3 se concluye que el aporte principal en consumo de energía corresponde al sector residencial, siendo la densificación en altura, influencia en el desarrollo sectorial en el polígono norte, contrarrestada a su vez con la tipología de la vivienda unifamiliar en el polígono sur, hablando de un sector urbano consolidado y con bajo potencial a densificarse.

De manera similar a los resultados obtenidos anteriormente, las variables de consumo son semejantes sin presentar una fuerte inclinación desfavorable hacia algún polígono, aunque si bien los análisis realizados se basan en datos actuales de edificación y actividad hasta la fecha, aún queda pendiente entender el comportamiento energético ambiental a futuro en el polígono norte, al albergar un número considerable de predios urbanizables aún sin edificar.

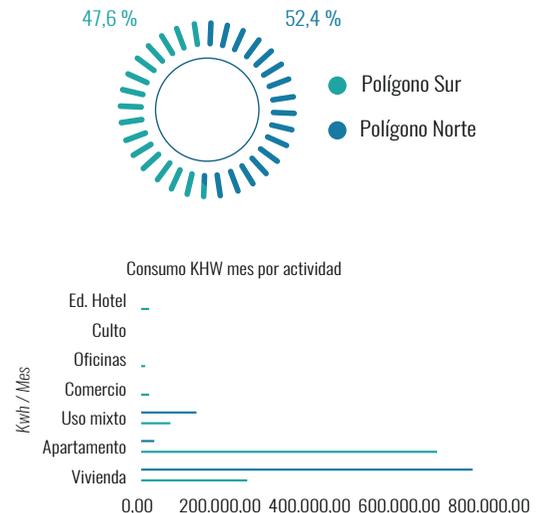
Al término del análisis de las variables ambientales descritas, el estudio determinó como método de evaluación cuantitativa, una matriz comparativa de similares características a la Matriz de Leopold, en la cual se intenta determinar cuantitativamente el consumo energético entre los barrios de estudio, a partir de la caracterización en los usos del suelo y a la relación con estándares básicos de consumo.

Figura 2
Consumo estimado de agua por actividad.



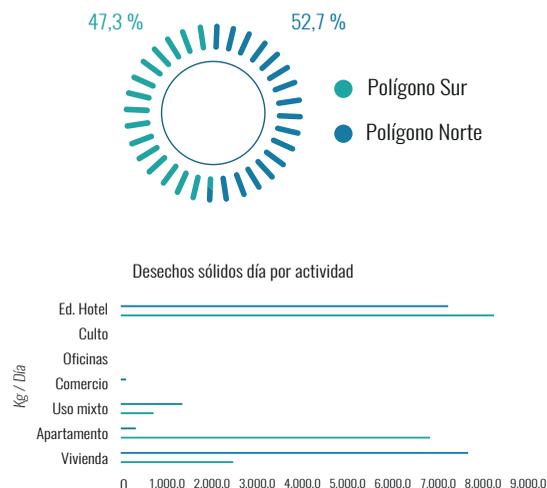
Nota. Autoría propia.

Figura 3
Consumo estimado de energía por actividad.



Nota. Autoría propia.

Figura 4
Generación de residuos sólidos por actividad.



Nota. Autoría propia.

Figura 5
Matriz comparativa en indicadores ambientales en consumo.

Consumo energético por habitante / actividad											
Sector	Habitantes	Actividad	Cantidad	Habitantes	M2	Factor	Lt/día	Factor	Kg. / día	Factor	Kwh / mes
	28.516	Vivienda	1.754	7.016	N/A	170	1.192.720	0.35	2.455.6	139.52	244.718.08
		Apartamento	4.888	19.552	N/A	170	3.323.840	0.35	6.843.2	139.52	681.973.76
		Uso mixto	487	1.984	N/A	170	331.160	0.35	681.8	139.52	67.946.24
		Comercio	140	N/A	50.216	20	1.004.320	1.16	162.4	173.92	24.348.08
		Ed. Hotel. 8	178	N/A	N/A	500	89.000	1.035	8.280	732.1	5.856.8
		Oficinas	14	N/A	15.180	6	91.080	1.16	16.24	242.99	3.401.86
		Culto	4	N/A	3.301	6	19.806	1.16	4.64	173.92	695.68
		Total							6.051.926		18.443.88
	26.492	Vivienda	5.484	21.936	N/A	170	3.729.120	0.35	7.677.6	139.52	765.127.68
		Apartamento	220	880	N/A	170	149.600	0.35	308	139.52	30.694.40
		Uso mixto	919	3.676	N/A	170	624.920	0.35	1.286.6	139.52	128.218.88
		Comercio	15	N/A	3.134	20	62.680	1.16	17.4	173.92	2.608.80
		Ed. Hotel. 7	134	N/A	N/A	500	67.000	1.035	7.245	732.1	5.124.70
		Oficinas	1	N/A	161	6	966	1.16	1.16	242.99	242.99
		Culto	6	N/A	892	6	5.352	1.16	6.96	173.92	1.043.52
		Total							4.639.638		16.542.72

Nota. Elaboración propia con información tomada de PERS, IDEAM, BID, Melguizo, UAESP, UNAL y Montenegro.

Figura 6

Representación esquemática actual de polígonos urbanos.

El desarrollo urbano cumple un rol importante en los procesos sociales y económicos de las ciudades; sin embargo, su crecimiento acelerado trae a menudo el deterioro de las condiciones ambientales, al tratarse de espacios sobre-habitados que involucran el consumo de nuevas energías, a tal punto de sobrecargar los sistemas naturales y poner en riesgo la capacidad de los mecanismos de autocontrol.

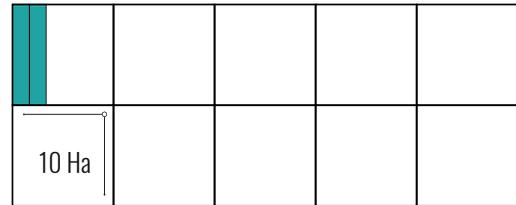
En este sentido, la ubicación e influencia económica en el polígono norte es efecto de un intenso e inmediato proceso de urbanización, donde los sectores susceptibles a este fenómeno de transformación empiezan a ser receptores de un inmenso flujo demográfico que tienden a absorber los alrededores de los centros feudales y puntos importantes de la ciudad.

Análisis prospectivos en polígonos urbanos

El desarrollo de esta metodología se planteó como una herramienta estratégica prospectiva encaminada a entender el comportamiento urbano demográfico dentro de los sectores de estudio, donde se utilizaron métodos de escenarios hipotéticos para reconocer las tendencias del crecimiento urbano y su relación con indicadores en consumo energético (Mondragón y Maza, 2015).

Para el desarrollo de escenarios hipotéticos, se contempló los resultados obtenidos a partir del estudio energético en los sectores analizados anteriormente, considerando los procesos de densificación urbana, crecimiento demográfico, como variables a replicar a futuro en supuestos escenarios de densificación. El predominio de la vivienda en altura influye de manera relevante en el desempeño energético de las ciudades; con el fin de esclarecer la incidencia del fenómeno urbano dentro del comportamiento del desarrollo sectorial se propone establecer diferentes tipos de escenarios hipotéticos, en los cuales se preverá la incidencia de la densificación residencial en altura en indicadores ambientales de consumo urbano.

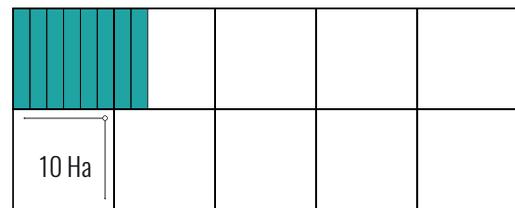
Polígono Sur



○ Vivienda Unifamiliar ● Vivienda Colectiva en Altura

Hectáreas	100 Ha	
	Cantidad	M2 construidos
No. vivienda básica	6,403	97 %
No. vivienda en altura	41	3 %
Densidad de vivienda básica 64 / Ha	Densidad de vivienda en altura 01 / Ha	

Polígono Norte



○ Vivienda Unifamiliar ● Vivienda Colectiva en Altura

Hectáreas	100 Ha	
	Cantidad	M2 construidos
No. vivienda básica	2,241	88 %
No. vivienda en altura	246	12 %
Densidad de vivienda básica 23 / Ha	Densidad de vivienda en altura 3 / Ha	

Nota. Autoría propia.

Figura 7
Representación esquemática de densificación en el polígono sur.

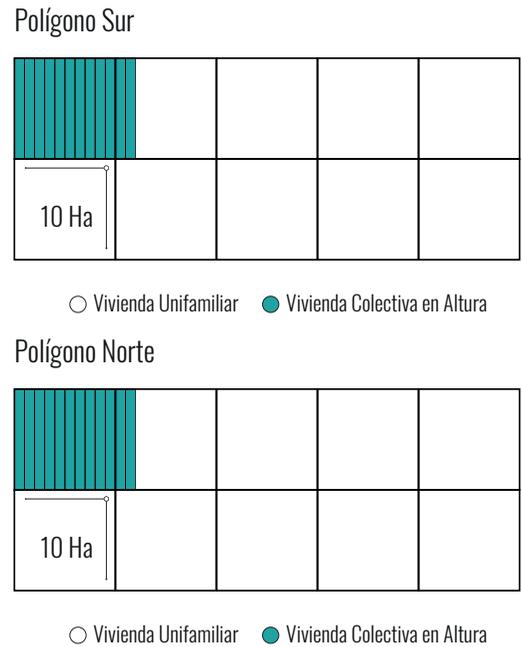
El escenario a determinar será el de entender el comportamiento urbano energético a futuro, desde la densificación residencial en altura como modelo de desarrollo urbano previsto para el polígono sur, para lo cual se empleará el número de edificios residenciales obtenidos en el polígono norte (246), como parámetro de medida hacia la densificación residencial hipotética que asumirá el polígono sur, basados en la misma tendencia observada en los últimos años, donde la densificación de la vivienda en altura tiende a encontrarse en barrios consolidados.

Tras el escenario planteado se puede determinar que la densificación en altura involucra un innegable incremento en la densidad de habitantes para el polígono sur, ya que los valores casi se duplican en 45.060 habitantes con respecto al estimado anterior, con solo simular una densificación de 246 edificios residenciales más de los existentes; del mismo modo, este escenario de densificación urbana, reflejaría un grado de impacto ambiental superior al obtenido en el polígono sur, como resultado de la regulación formal de sus predios y al no contar con actividades económicas de influencia directa en la vocación residencial del sector.

Proyección demográfica y la cobertura del recurso hídrico

Uno de los aportes de la investigación es el de calcular los límites del crecimiento poblacional a futuro de las áreas urbanas de estudio, en función de la capacidad del reparto del servicio hídrico e indicadores cuantitativos en consumo de agua per cápita.

Para determinar la cobertura del recurso hídrico a futuro, se especifican los criterios a considerar con el tema de estudio en la Tabla 6.



Nota. Autoría propia.

Tabla 6
Descripción de criterios del tema de estudio

Referencia	Componente	Descripción
a	55.008	Número de habitantes estimados en área urbana de estudio.
b	10.691.564	Cobertura estimada de Agua en el sector.
c	170a	Consumo estimado de Agua L / Día por habitante.

Nota. Autoría propia. Las referencias a y b pertenecen a los resultados obtenidos en la investigación. a: Consumo estimado de agua día. (Sturzenegger, 2014)

Para conocer la oferta hídrica disponible en el sector es necesario multiplicar el factor (a) conocido como el número de habitantes estimados en área urbana de estudio, por el consumo promedio de agua día por habitante (c), cuyo resultado será correspondiente al consumo de agua per cápita diario, y el cupo de agua disponible en el consumo doméstico resultará de la división del valor obtenido por la cobertura estimada de Agua en el sector (b), de la siguiente manera:

$$\text{Oferta hídrica disponible en el sector} = \frac{(55.008 \text{ hab} * 170 \text{ L})}{10.691.564 \text{ L}} = 1.340.204 \text{ L}$$

Al dividir la oferta hídrica disponible en el sector (resultado anterior) por el indicador per cápita (a), establecerá la cuota en abastecimiento de agua y el número admisible de personas según la oferta hídrica, considerando el indicador de 170 L, como el consumo de agua promedio por persona.

$$\text{I) } \frac{1.340.204}{170} = 7.883 \text{ habitantes}$$

$$\text{II) } \frac{7.883 \text{ hab}}{55.008} = 62.891 \text{ Número de habitantes admisible en área urbana.}$$

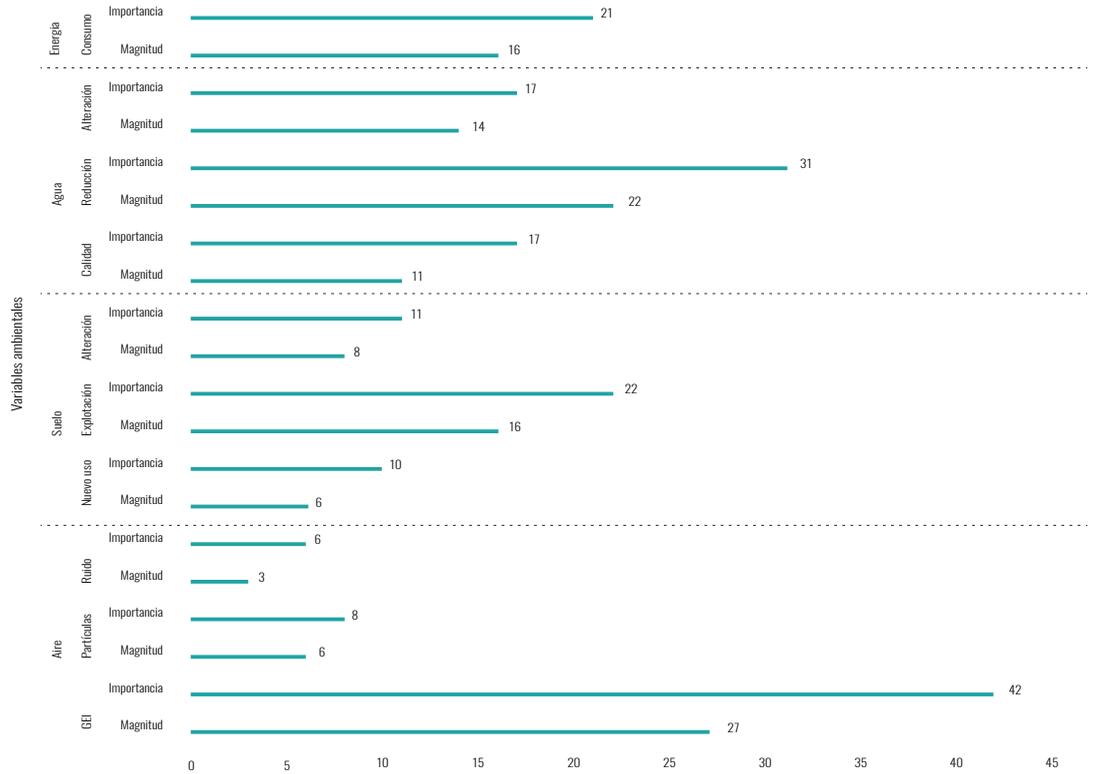
La proyección demográfica respecto a la cobertura del recurso hídrico representa el 15 % de la población total de la ciudad de Pasto, considerando las áreas urbanas en su contexto territorial como unidad de análisis de investigación.

Se puede inferir que los indicadores en consumo de recursos, tienden a concentrar una demanda energética superior hacia algunos sectores, siendo consecuentes a la consolidación urbana y a la densidad de habitantes, en donde el agotamiento del agua y la extracción excesiva de recursos suponen una amenaza para el desarrollo sostenible a largo plazo.

Resultados

Respecto a la Evaluación de Impacto Ambiental [EIA] realizada en el perímetro urbano de San Juan de Pasto, se determina que las variables ambientales más afectadas en los procesos de densificación urbana y de crecimiento demográfico son los servicios de energía y agua potable, correspondientes a actividades directas en la construcción y edificabilidad, por lo que se concluye de manera acertada que el predominio de la vivienda en altura y la mezcla en los usos de suelo influye de manera significativa en el desempeño energético urbano de las ciudades y en el deterioro físico ambiental.

Figura 8
Calificación de variables ambientales afectadas.

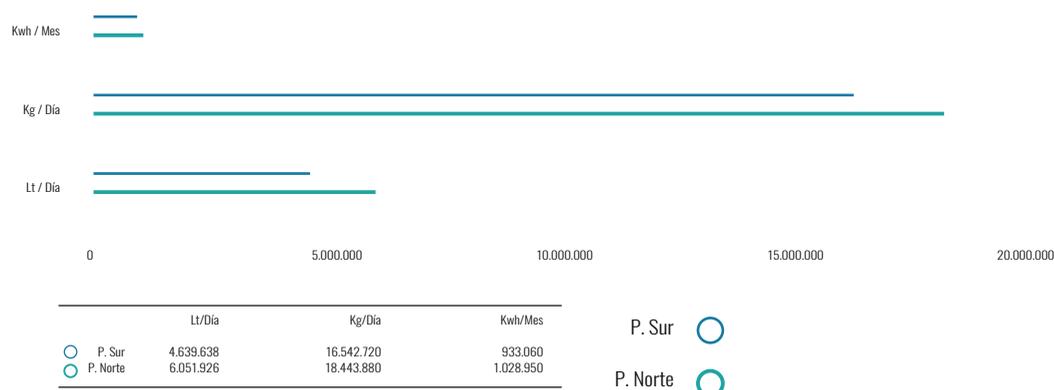


Nota. Autoría propia.

De otro modo, entre las acciones humanas que pueden causar un alto impacto ambiental sobresalen las actividades de construcción y edificabilidad que resultan más nocivas a este hecho ambiental, este valor asignado pertenece a la suma de las acciones consideradas para la evaluación dentro de esta actividad; sin embargo, las acciones de consumo de recursos tanto para las actividades domésticas como de construcción y comerciales, son considerables.

Por otra parte, los procesos de densificación, alentados por las tendencias demográficas, *polígono norte*, tienden a ser sectores insostenibles desde el metabolismo energético de la ciudad, puesto que se vulnera los sistemas ambientales al no compatibilizar los patrones de producción y consumo con el desarrollo económico, social y ambiental, permitiendo de esta manera descompensar la dosificación ideal entre población y medio ambiente, como las de limitar las necesidades energéticas generacionales.

Figura 9
Consumo total de agua, energía y generación de residuos sólidos en polígonos urbanos.



Nota. Autoría propia.

Tras los resultados obtenidos con la metodología aplicada, se puede establecer que la densificación en altura junto al crecimiento urbano son determinantes fundamentales en la demanda energética que imprime el fenómeno urbano, por lo cual los índices máximos de consumo energéticos serán consecuentes al desarrollo urbano y al número de habitantes existentes en los barrios, ya que la insostenibilidad ambiental se da a partir de la compacidad de las ciudades y su desmesurado proceso de desarrollo urbano.

A esta instancia, donde existiría un pequeño pero gradual proceso de densificación para el sector sur, los resultados concluyentes de esta investigación serían distintos; las variables en consumo facturarían de manera negativa pero contundente a los obtenidos en el polígono norte, ya que una estructura urbana excesivamente compacta, con elevada densidad edificatoria, aglomeraría un flujo mayor de población e incrementaría la demanda de servicios básicos al tratarse de una función lineal a la densidad.

Por otra parte, el flujo demográfico se acrecienta en el día a día y se acumula en cada año, genera presión en la estructura funcional de la ciudad, a tal punto de absorber el inventario habitacional existente y generar una demanda social de adquisición en vivienda; este hecho en particular, ha generado en la densificación un modelo de solventar necesidades sociales y económicas de la ciudad, donde las áreas consolidadas comienzan a crecer en altura y se conviven con repercusiones medio ambientales, al sobrecargar los sistemas naturales, y poner en riesgo la capacidad de los mecanismos de autocontrol.

Conclusiones

Considerando que la población estimada en el área urbana de estudio en condiciones actuales es de 55.008 habitantes, se prevé que el límite máximo admisible de población que soportaría el área urbana de estudio es de 62.891 habitantes, bajo óptimos niveles de eficiencia energética, sin que el incremento demográfico hasta el rango mencionado altere la calidad y el reparto de servicios públicos, basados en estándares de consumo promedio por habitante, y asumiendo que el recurso hídrico es limitado y una de las variables ambientales más afectada en la evaluación de impacto ambiental de esta investigación.

Por consiguiente, se obtiene la relación entre población e impacto ambiental, desde resultados cuantitativos basados estándares de consumo de agua promedio por habitantes y la valuación ambiental, que como conclusión final describe que la población puede seguir creciendo y proveer de servicios a 7.888 habitantes más de los existentes en la muestra urbana actual; sin embargo, los objetivos del desarrollo sostenible se basan en el cuidado de los recursos y en disminuir el consumo a lo estrictamente necesario, donde la población llegue a un rango óptimo en eficiencia energética.

En definitiva, el estilo de vida actual está basado en el consumo de recursos energéticos no renovables y en el uso irracional de energía, lo que conlleva a activar importantes cantidades de Gases de Efecto Invernadero [GEI] y a la disminución de recursos naturales que son las principales causantes del cambio climático. Si bien se coincide en que el consumo energético es prioridad en el desarrollo económico y social, también es verdad que el ritmo actual empieza a cruzar fronteras ecológicas que alteran de forma directa el estilo de vida de la especie humana.

- Cámara Colombiana de la Construcción [Camacol]. Regional Nariño. (2017, 2 de octubre). *Donde Vivir. La Revista de la Vivienda Nueva*. Copyright © 2020. www.revistadondevivir.com
- Cotán-Pinto, S. (2007). Valoración de impactos ambientales. INERCO. http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:48150/componente48148.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales [IDEAM]. (2008). Estudio nacional del agua. Ministerio del Medio Ambiente de Colombia. https://www.engr.colostate.edu/~neilg/ce_old/projects/Colombia/Colombia/cd1_files/spanish/12%20ena%20IDEAM%20study.pdf
- Melguizo Bermudez, S. (1980). Fundamentos de hidráulica e instalaciones de abasto en las edificaciones. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53666>
- Mondragón Rivera, C. N., y Maza Vázquez, F. (2015). Elaboración de escenarios de prospectiva para asentamientos humanos urbanos y rurales, aplicado al municipio de Tela, Honduras. *Ciencias Espaciales*, 8(2), 134-151. <https://doi.org/10.5377/ce.v8i2.2073>
- Montenegro, C. (2019, 17 de marzo). PGIRS- Generación de residuos sólidos per cápita. (N. Vallejo, Entrevistador).
- Plan de Energización Rural Sostenible [PERS]. (2014). Diagnóstico Energético y Social del Departamento de Nariño. Análisis de Información Primaria. <http://sipersn.udenar.edu.co:90/sipersn/docs/DocumentosAnalisisdelnformacion/DiagnosticoEnergeticoySociadelDepartamento.pdf>
- Sturzenegger, G. (2014, 16 de mayo). *BID Mejorando vidas*. <https://blogs.iadb.org/agua/es/author/germanstu/>
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos [UAESP]. (2011). Caracterización de los residuos sólidos institucionales, pequeños productores generados en la ciudad de Bogotá D.C.-2011. Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. http://www.uaesp.gov.co/uaesp_jo/images/documentos/Caracterizacion/institucionales_02-29-2012.pdf
- Universidad Nacional de Colombia [UNAL] - Departamento de Física. (2007, 2 de abril). Caracterización del consumo de energía final en los sectores terciario, grandes establecimientos comerciales, centros comerciales y determinación de consumos para sus respectivos equipos de uso de energía final. Informe final (Vol 1 de 2). Unidad de Planeación Minero Energética [UPME]. <https://bdigital.upme.gov.co/bitstream/001/940/1/Informe%20Final%20v%201.pdf>