

Índice de la calidad de vida en función de la calidad ambiental en Huaraz, 2000-2007

Index of the quality of life in function of the environmental quality in Huaraz, 2000-2007

¹Pedro Valladares J.^b

RESUMEN

La principal contribución de esta investigación, es la determinación del grado de compatibilidad entre la calidad de vida de la población humana del distrito de Huaraz con su calidad ambiental en el periodo 2000-2007, a través de índices de calidad de vida y ambiental; habiéndose originado al conocerse la HE del distrito de 2,2 ha/hab y su CC de 1,1 ha/hab, que revelaba un déficit biofísico del 50% de su demanda. Los déficits de cobertura vegetal para producción de alimentos, oxígeno y asimilación de residuos, asociado a la escasez de superficies apropiadas para asentamientos humanos, progresivamente generaron impactos negativos como servicios básicos insuficientes, tránsito vehicular polutante, contaminación atmosférica, insalubridad, adopción de comportamientos consumistas y crecimiento urbano inorgánico, entre otros, que afectan la calidad de vida.

La metodología, a través de matrices cuadráticas ($n \times n$), determinó los índices de calidad de vida óptima (ICVO) y calidad de vida real (ICVR), con 7 indicadores socioambientales y 25 parámetros. De estos últimos, 8 alcanzaron valores de calidad ambiental con el 80% de optimización; 8 con menos del 50% de optimización, siendo el más crítico la concentración de PM10 que superó estándares de calidad; 5 superaron valores guía de la OMS; y 7 no alcanzaron valores óptimos para una buena calidad de vida. La relación porcentual entre los índices ICVO e ICVR, reveló que la calidad de vida en función a la calidad ambiental, alcanzó el 59% de optimización.

Palabra clave: Calidad de vida, calidad ambiental, parámetro, optimización.

ABSTRACT

Main contribution of this research is determining the degree of compatibility between the quality of life of the human population of the district of Huaraz with environmental quality in the period 2000-2007, through indexes quality of life and environmental, originated to know the EFP district of 2.2 ha/hab and LC of 1.1 ha/hab, which revealed a deficit of 50% biophysical demand. Vegetation cover deficits for food production, oxygen and waste assimilation, coupled with the scarcity of suitable areas for human settlements, gradually generated negative impacts such as insufficient basic services, polutante vehicular traffic, air pollution, poor health, adoption of consumerist behavior and Inorganic urban growth, among others, that affect the quality of life.

The methodology, through square matrices ($n \times n$), determined the indexes of optimal quality of life (IOQL) and quality of real life (IRQL), with 7 social-environmental indicators and 25 parameters. Of these, 8 reached values of environmental quality with 80% of optimization, 8 with less than 50% of optimization, the most critical concentration of PM10 exceeds quality standards, 5 exceeded the WHO guideline values, and 7 did not reach optimum values for good quality of life. The percentage relationship between indexes IOQL and IRQL, revealed that the quality of life according to the environmental quality, reached 59% optimization.

Key words: Quality of life, environmental quality, parameter, optimization.

¹ Facultad de Ciencias del Ambiente, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.

^b Ing. Ambiental

INTRODUCCIÓN

La principal idea de esta investigación es la determinación del grado de compatibilidad entre la calidad de vida de los habitantes del distrito de Huaraz con la calidad ambiental de sus ecosistemas en el periodo 2000-2007, estimando matricialmente índices comparativos de calidad de vida y ambiental. La investigación se originó a partir de la información de la huella ecológica (HE) del distrito de 2,2 ha/hab y su capacidad de carga (CC) de 1,1 ha/hab, que denotó un proceso evolutivo de la naturaleza condicionado por el comportamiento de sus habitantes.

En el 2006, al estimarse el valor del impacto envolvente o transversal a través de la HE, que por sus bondades de relacionador de la capacidad de provisión de recursos con la capacidad de carga (densidad poblacional) y la asimilación de residuos, se conoció que, toda la superficie productiva del distrito abastecía solo el 52,0 % de la demanda de sus 52 592 habitantes, requiriendo un 48,0% más, que lo importaba como CC "robada" de ecosistemas adyacentes o lejanos. El distrito, tenía un déficit ecológico de 55 537,2 has productivas (1,1 has por cada huaracino/a) [Valladares 2007, 4-5].

Se percibe que las vinculaciones de los componentes de los sistemas naturales y socioeconómicos son complejas. En los sistemas ambientales, la dinámica socioeconómica y la innovación científica y tecnológica, crean nuevos productos de consumo que se traducen en novedosas relaciones entre la naturaleza y la sociedad, la mayoría de ellas incompatibles por la carencia de procesos de evaluación ambiental estratégica (EAE) o evaluación de impacto ambiental (EIA). Así, el déficit de cobertura vegetal para la producción de alimentos, oxígeno y asimilación de residuos, asociado a la escasez de superficies apropiadas para asentamientos humanos, han sinergetizado impactos negativos como servicios básicos insuficientes y deficientes, tránsito vehicular caótico, contaminación atmosférica, insalubridad, adopción de comportamientos consumistas, crecimiento urbano inorgánico, que afectan la calidad de vida. En este escenario, se formuló el siguiente problema ¿Cuál es el índice de la calidad de vida en función de la calidad ambiental en Huaraz, en el periodo 2000-2007?

Para hallar respuesta a esa pregunta, se ha elegido 7 indicadores socioambientales, asociados a sus respectivos 25 parámetros medibles. Los

indicadores individuales y asociados proporcionan información sobre el estado de la calidad ambiental que condiciona la calidad de vida; entendido, éste último concepto, sin pretensiones de homogenización de valores, modos de vida, aspiraciones e ideales, que varían en el tiempo y al interior de los estratos sociales del distrito. Así, en las mediciones, se ha hallado valores preocupantes de algunos factores naturales como la calidad del aire que presenta parámetros como PM10 con concentraciones que superan el estándar nacional y TSP que superan los estándares de la OMS y de la EPA, denotando que los procesos de producción, el establecimiento creciente de asentamientos humanos, los modos de consumo, las formas de transporte y un sin fin de relaciones asociadas a la manera de vivir de los/las huaracinos/as, están adentrando a la ciudad a superar umbrales de riesgos tolerables para la salud.

Además, el distrito presenta otros aspectos, como: suministro de agua potable no a plenitud en cobertura; servicios de saneamiento ambiental deficientes, siendo crítica la descarga de sus aguas residuales a los ríos Quillcay y Santa; disposición inadecuada de residuos sólidos en un vertedero "controlado"; servicio de alcantarillado insuficiente; transporte vehicular caótico; inseguridad ciudadana; y adopción de costumbres consumistas en centros comerciales mayoritariamente informales y antihigiénicos, que gravitan negativamente contra el turismo, actividad socioeconómica medular de la ciudad. En este escenario, la calidad de vida tiene tendencias adversas crecientes.

Los 7 indicadores socioambientales usados para determinar el índice de calidad de vida en función de la calidad ambiental, asociado a sus diversos parámetros y unidades de medición, son: niveles de ruido, Clima (T°, HR, vientos, Pr y Pa), calidad del aire (TSP, PM10, PM2,5, SO₂, CO, NO₂, O₃, Pb y S₂H), uso actual de tierras (densidad poblacional, áreas verdes, área para industria manufacturera, densidad de vivienda y ventilación), saneamiento ambiental (manejo de residuos sólidos, agua potable, y alcantarillado sanitario y pluvial), transporte y nivel de ingreso económico.

El **objetivo principal** de la investigación, es: conocer los índices de calidad de vida en función de la calidad ambiental, a través de un proceso matricial, en Huaraz, en el periodo 2000-2007. Los **objetivos específicos**, son: evaluar los indicadores socioambientales que condicionan la calidad de vida humana, a través de metodologías estándar; establecer las relaciones entre las condiciones de

calidad de vida humana y las condiciones de los indicadores socioambientales; y determinar índices de calidad de vida en función de la calidad ambiental, a través de matrices cuadráticas ($n \times n$).

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales y Equipos:

- Materiales y equipos de laboratorio para medir ruido y parámetros de calidad de aire y agua.
- 5 tesis de pregrado de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la UNASAM.
- Imágenes de Huaraz en Google Earth (2 de junio de 2005) [Google Earth 2009] y GPS.
- Ley N° 28611: Ley General del Ambiente, y normas de estándares de calidad ambiental.
- Material bibliográfico sobre calidad de vida y calidad ambiental.
- Equipos de computación para manejar e imprimir textos e imágenes digitales.

Métodos:

- Revisión bibliográfica en fuentes de información primaria y secundaria.
- Validación de resultados de medición de indicadores y parámetros a través de técnicas volumétricas, espectrofotométricas y medición directa.
- Elaboración de una matriz cuadrática ($P_{25} \times P_{25}$) para determinar el índice de calidad de vida óptima (ICVO) relacionando entre sí la influencia de cada uno de los parámetros.
- Elaboración de una matriz cuadrática ($P_{25} \times P_{n_5}$) para determinar el índice de calidad de vida real (ICVR) ponderando la importancia relativa de los parámetros con los valores referentes de calidad ambiental obtenidos a través de fmt.

Tipo de investigación: por la naturaleza de sus objetivos, es una investigación correlacional, que mide el grado de relación recíproca entre calidad de vida y calidad ambiental.

Población y muestra: la población es la ciudad de Huaraz que incluye el entorno provincial, y la muestra es la zona urbana del distrito capital: Huaraz.

Muestreo: de 25 parámetros de 7 indicadores socioambientales, a través de técnicas estandarizadas.

Instrumentos de recolección de datos e información. Las variables independientes: indicadores y parámetros, orientaron la recolección de datos e información de fuentes primarias y secundarias. Para las **primarias**, se recurrió a

mediciones y observaciones directas e indirectas de los parámetros, en la mayoría de los casos para corroborar y contrastar información secundaria y en los restantes para cubrir vacíos. Para las **secundarias**, se recurrió a 5 tesis pertinentes de pregrado elaboradas en el periodo 1994-2007, y a fuentes virtuales.

Técnicas de procesamiento y análisis de datos: para el ordenamiento, clasificación, análisis, obtención y presentación de resultados (en tablas, cuadros, figuras y matrices), se usó diversos diseños, desarrollados a través de Microsoft Office Word 2007, Microsoft Office Excel 2007, Microsoft Office Power Point 2007, Google Earth versión 5, Microsoft Office OneNote 2007 y Microsoft Office Picture Manager. Para el tratamiento estadístico se usó la estadística descriptiva.

RESULTADOS

1. Evaluación de los indicadores socioambientales, a través de sus parámetros:

Niveles de ruido (dB): Entre las 7 y 8 horas, el promedio máximo fue 75,7 dB y el mínimo 61,0. Entre las 13 y 14 horas, el promedio máximo fue 76,2 dB y el mínimo 66,9. Entre las 19 y 19:50 horas, el promedio máximo fue 81,7 dB y el mínimo 69,7 [Poma, Leyva y Olivera, 2006]. Estos valores superaron a los normados por el gobierno local (Ordenanza N° 018-2004-GPH), a los del Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (D.S. N° 085-2003-PCM); y los promedios máximos, al valor guía de la OMS.

Temperatura (°C): El valor de la temperatura media anual fue 15 °C, observándose que la máxima fluctuación mensual del gradiente de temperatura fue 1,2 °C. En los años 2002 y 2007 se registraron las medias más bajas con 14,4 °C; en el 2001, se registró la media más alta con 15,8 °C; y el gradiente alcanzó a ser 1,6 °C.

Humedad relativa (%): La HR mantuvo valores relativamente definidos por periodos. En el estiaje (con aire seco y más frío), la mínima fue 17% y la máxima 74%. En el de precipitaciones (con aire húmedo y menos frío), la mínima fue 23% y la máxima 80 [Jaque y Pompilio, 2002, 90-91]. Los valores promedios mensuales fluctuaron entre 57% (julio) para la mínima y 83% (enero) para la máxima [Jaque y Pompilio, 2002, 4]. El promedio de 51,2% para 7 meses del año (octubre-abril) es un indicador de

buena calidad de vida en correlación con valores de precipitación y biotemperatura; debiendo tolerarse un promedio de 42,4% durante 5 meses (mayo-setiembre) en el periodo de estiaje.

Vientos (Km/h): Durante el año (abril 2004-marzo 2005), la **dirección predominante** de los vientos fue NNE a 20° con un 16% del tiempo soplando en esa dirección, con velocidades que no superaron los 8 m/s (28,8 Km/h). Los **vientos más fuertes** soplaron desde la dirección OSO a 250° con un 8% del tiempo soplando en esa dirección y con velocidades que alcanzaron los 15 m/s (54 Km/h) [Melgarejo et al. 2006, 99-104].

Precipitación (mm): El valor promedio anual acumulado fue de 756,8 mm [MBM S.A. 2007]. La ETP alcanzó a ser 883,95 mm y la RETP 1,16. La ETP fue 1,16 veces el valor promedio de la precipitación anual acumulada, ratificando la ubicación de la ciudad de Huaraz en la provincia de humedad sub húmedo [Valladares 1996, 108].

Presión atmosférica (mm Hg): El valor promedio fue 533,8 mm Hg, siendo la mínima 529,7 y la máxima de 536,1. Estos valores propician condiciones para una buena salud.

ISP (partículas totales en suspensión) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El promedio anual más bajo para 24 horas de muestreo de TSP fue de 71,037 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en las inmediaciones del cementerio. El promedio más alto (valor crítico) fue 320,314 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en la Av. Confraternidad Internacional Oeste. En el periodo de precipitaciones, se registró 407,780 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el valor más alto. El promedio anual en la ciudad, en 24 horas, fue 164,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Melgarejo et al. 2006, 75-77]. Tanto el valor más alto como el promedio anual más alto, para 24 horas, superan el valor estándar de la EPA (USA) de 260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (asumido en el Perú como LMP) en 0,6 veces (57%) y en 0,2 veces (23%) respectivamente [DIGESA 2009]. En relación al valor guía de la OMS de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 24 horas, el valor más alto excede en 2,4 veces (240%) [DIGESA 2000, 14-15], tipificando a las TSP, como un “contaminante criterio”.

Pm10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): En el periodo de precipitaciones (diciembre 2003-febrero 2004), el promedio fue 67,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en el de estiaje (abril-junio 2004) 93,95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo el promedio anual referencial de 80,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Antúnez 2008].

Estos 3 valores superan el estándar nacional de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ al año, que es similar a la de la NAAQS (USA). La preocupación se acentúa al compararlos con el valor guía de la OMS y con la de la UE de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que es un umbral más exigente.

PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El muestreo reveló una media aritmética para 24 horas de 26,3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que está por debajo de los niveles recomendados por la NAAQS (USA) y en Perú de 65,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [DIGESA 2000, 16-17, 25]. Sin embargo, dicha media y algunos valores individuales, superaron el valor guía de la OMS de 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas.

So₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El muestreo reveló una media aritmética para 24 horas de 15,7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que estuvo muy por debajo de los niveles de la NAAQS (USA) de 0,14 ppm (365 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) [DIGESA 2000, 16-17, 25] [NAAQS 2009]. Estos valores, también estuvieron por debajo de estándares más exigentes como de la UE y de la OMS de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para 24 horas.

CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): En el periodo junio-2004 y abril-2005, se halló el promedio de 9,2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en una hora, que está muy por debajo del estándar nacional de 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [Jaque y Pompilio, 2002, 75]. También está muy por debajo de la NAAQS (USA) de 40 mg/m³ (40 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3) (35 ppm) y del valor guía de la OMS de 26 ppm (30 mg/m³) (30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3).$$

No₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El muestreo reveló un promedio para 24 horas de 71,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que está por debajo de la guía de la OMS de 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [DIGESA 2000, 12-13, 21-22].

O₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El muestreo reveló un promedio para una hora de 23,1 ppb, que está por debajo de 90 ppb de la ciudad de California (USA) y de la NAAQS (USA) de 120 ppb. La norma nacional prevé el valor de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (60 ppb) para **8 horas**, no debiendo excederse más de 24 veces al año; casi coincidente con la OMS (61,25 ppb) [DIGESA 2000, 14, 22-23].

Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): El valor promedio anual fue 0,0575 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ +/- 0,26 [Melgarejo et al. 2006, 95-97], que está por debajo del estándar nacional de 0,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anual.

H₂S ($\mu\text{g}/\text{m}^3$): Se halló un promedio de 3,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para una hora, inferior al estándar nacional de 0,03 ppm (42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) adoptado de la EPA (USA)

[Jaque y Pompilio, 2002, 74] [EPA 2009].

Densidad poblacional (hab/ha): El estimado fue 129,6 hab/km² (1,3 hab/ha) en todo el territorio distrital. En la zona urbana fue 172,2 hab/ha, que supera el promedio ideal de 100 hab/ha para ciudades como Huaraz.

Áreas verdes (m²/hab): Se estimó 5% (163 150 m²) de área verde permanente en referencia al área construida de 326,3 has. El área verde *per cápita* fue de 3,2 m²/hab considerando una población urbana de 50 377 habitantes [Valladares 2007, 4-5], que al ser comparada con el referente de 8 m²/hab de la OMS, genera un déficit de 4,8 m²/hab.

Área para la industria manufacturera (m²/ha): Se estimó que el conjunto de actividades manufactureras (artesanal y de servicios) ocupa el 4% del área construida de la ciudad (12,4 has o 124 544 m²) que representa aproximadamente 382 m²/ha, que está por debajo del estimado 7% (700 m²/ha) de la OMS para ciudades emergentes como Huaraz.

Densidad de viviendas (N° de viviendas/superficie total en ha) (m²/vivienda): En la zona urbana, se estimó una densidad de 68 viviendas/ha, siendo la ideal 60 viviendas/ha. El promedio en superficie de cada vivienda se estimó en 162,1 m²/ha. En las zonas planeadas en la década del 70, una proporción de viviendas tiene un estimado de 328,6 m²/vivienda. Estas superficies, son menores al referente de la OMS de 500 m²/vivienda.

Ventilación (espacios adecuados): Se estimó que, en la mitad de las viviendas de la zona urbana (25 arterias entre avenidas, jirones y pasajes), reciben apropiadamente el beneficio de los vientos predominantes sur-norte asociado a una buena iluminación solar. La otra mitad, debido a la dinámica atmosférica, recibe corrientes de vientos con contaminantes biofísicos como TSPs, COVs y agentes de enfermedades prevalentes como IRAs, neumonías y EDAs.

Manejo de residuos sólidos (veces de recolección/día): Se estimó la generación de 29 t/día de residuos sólidos, con una densidad de 230 kg/m³ y composición de 52,1% orgánico y 48,9% inorgánico, que se disponen en un "botadero controlado" de Carhusjirka,

enterrándose el 80 %. La recolección es diaria; pero, por deficiencias del sistema se dejan de recolectar de botaderos conocidos y clandestinos entre 25 y 30 % del total (7 u 8 t/día) [MPH 2009].

Agua Potable (l/hab/día): La EPS-Chavín abastecía agua potable a 79 283 habitantes (94,0 % de la población urbana, incluido Independencia) [EPS-Chavín 2009]. La DESA, estimó que el 85% de la población urbana del distrito está abastecida plenamente. La dotación es de 298 l/hab/día, que supera lo establecido por la OMS de 100 a 200 litros/hab/día.

Alcantarillado sanitario y pluvial (%): El 83% de la población urbana contaba con instalaciones de desagüe. El volumen de aguas residuales aproximadamente era el 75% del volumen de agua potable suministrado. El volumen total de aguas residuales no era tratados, siendo vertidas directamente al río Santa a través de 7 emisores. La EPS-Chavín, aducía que solo administra la red sanitaria y no el alcantarillado pluvial [EPS 2009].

Transporte (imd): Se estimó que el imd de vehículos en el distrito fue de 15 000 vehículos por/día. Los que realizaban servicios urbanos, durante las 24 horas del día, son las station wagon con 3 148 unidades y las camionetas rurales (combis) con 2 962 unidades. Las antigüedades de estos vehículos estuvieron en el rango de 5 a 10 y de 10 a 15 años. Este parque automotor, incrementó la contaminación atmosférica, como lo señalan los indicadores de calidad del aire: NO₂, COV, Pb, PM10 y PM2,5, PTS, SO₂ e HC.

Nivel de ingreso económico (remuneración mínima en \$US): La remuneración mínima (RM) equivalía a S/. 550,00 nuevos soles mensuales (aproximadamente 177,00 \$US al tipo de cambio de abril 2009), que se traducían en un exiguo ingreso de S/. 18,33 nuevos soles (5,9 \$US) diarios. El 98% de la PEA de Huaraz posee ingresos promedios que superan la RM peruana, a excepción de los/las trabajadores/as del hogar (2% de la PEA). Sin embargo, sólo los del sector minería (5,6% de la PEA) tiene remuneraciones que superan la RM promedio de América Latina (\$456 US) [MTPE 2009].

Entre los resultados relevantes, se muestra en la **Tabla 1**, valores de 5 parámetros que superaron los

Entre los resultados relevantes, se muestra en la **Tabla 1**, valores de 5 parámetros que superaron los valores guía de protección de la salud establecidos

por la OMS. En la **Tabla 2**, valores de 7 parámetros que no alcanzaron los estándares óptimos para una buena calidad de vida.

Tabla 1: Parámetros que superan los valores guía de la OMS.

Parámetros (P _i)	Valores Estándar y/o Compatibles	Valores Promedio 2000-2007
1. Niveles de ruido LAeq (dB)	70,0 (24 horas) (OMS)	Mín. 61,0 (mañana) y Máx. 81,7 (noche)
2. TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (24 horas)	120,0 (OMS) 260,0 (EPA, Nacional)	164,7
3. PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (anual)	50,0 (NAAQS, Nacional) 20,0 (OMS, UE)	80,8
4. PM2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (24 horas)	65,0 (EPA, Nacional) 25,0 (OMS)	26,3
5. Densidad poblacional (hab/ha)	100,0 (OMS)	172,2 (Urbano)

Tabla 2: Parámetros que no alcanzan valores estándar para una buena calidad de vida.

Parámetros (P _i)	Valores Estándar y/o compatibles	Valores promedio 2000-2007
1. Áreas verdes (m^2/hab)	8,0 (OMS)	3,2 (Urbano)
2. Densidad de vivienda (N° de viv./sup. total en ha) ($\text{m}^2/\text{vivienda}$)	500,0 (m^2/viv) (OMS) 60,0 (viv/ha)	162,1 (m^2/viv) 68,0 (viv/ha)
3. Ventilación (%)	100,0 (óptimo)	50,0
4. Manejo de residuos sólidos (veces de recolección/día)	1,0 (se recolecta el 100 %)	1,0 (alcanza el 70%)
5. Alcantarillado sanitario y pluvial (%)	100,0 (óptimo)	30,0
6. Transporte (imd) (%)	100,0 (óptimo)	40,0
7. Nivel de ingreso económico (remuneración mínimas en \$US)	456,0 (promedio de A.L.)	177,0

2. Funciones de transformación:

Para conocer la diferencia entre los valores de inocuidad y los modificados, se recurrió a funciones matemáticas de transformación (f_{mt}) que asocian la magnitud del impacto (medido en la unidad del parámetro) y la calidad ambiental (CA_i) expresada en unidades homogenizadas de 0 a 1, adimensionales y

comparables, donde cero indica una extrema mala calidad ambiental y 1 la óptima. Estas f_{mt}, para cada parámetro son representadas gráficamente por una curva típica [Gómez 2003, 533-652]. Así, las unidades heterogéneas son transformadas a unidades conmensurables. Como ejemplo, se muestra la curva de la f_{mt} del parámetro TSP (**Figura 1**).

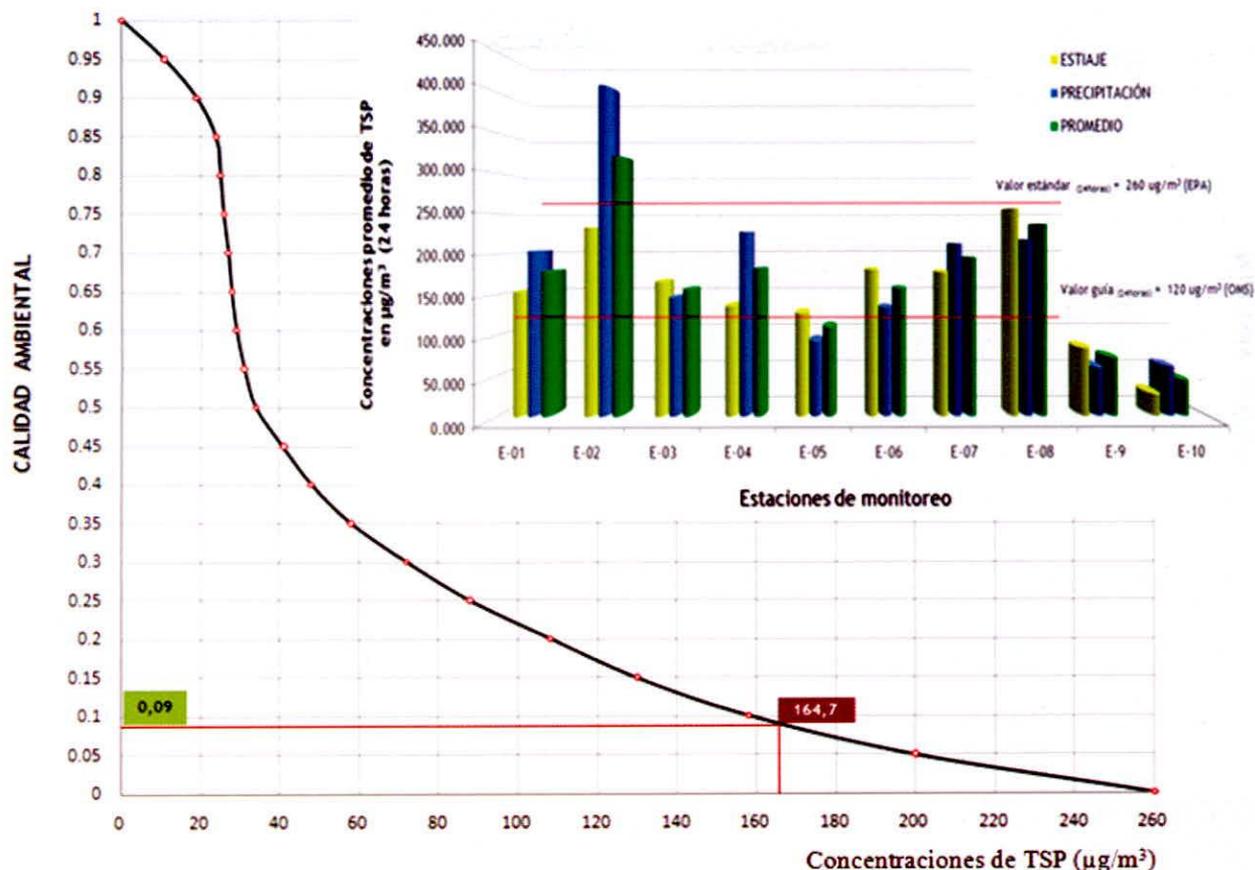


Figura 1: Curva de fnt de valores de concentración de TSP a calidad ambiental (CA_i).

3. **Determinación de índices de calidad de vida en función de la calidad ambiental:**

Para determinar el índice de calidad de vida óptima (ICVO), se elaboró una matriz cuadrática (P₂₅*P₂₅) que relacionó sistémicamente entre sí la influencia de cada uno de los parámetros permitiendo ponderar su importancia específica (I_i) en el conjunto de la calidad de vida de la población. Para la obtención del ICVO, previamente se sumaron por filas las importancias parciales (I_p) de cada parámetro. Luego, también se sumaron las I_p (Σ I_p) para obtener el valor adimensional de 148,0 que expresa la importancia absoluta del comportamiento ideal de los parámetros de los indicadores en el contexto de la calidad de vida de la población.

Para determinar el índice de calidad de vida real (ICVR), también se elaboró una matriz

cuadrática (P₂₅*n_s) (ver **Tabla 3** en el anexo), que relacionó a cada parámetro con los valores de sus importancias (I_i) absoluta y relativa, la CA_i homogenizada (estado óptimo) y la CA_i con fnt. Para la obtención porcentual del ICVR, previamente se multiplicó el valor de la importancia relativa (I_i) de cada parámetro por el de la CA_i (real), que resultó ser el índice parcial de la calidad de vida (ICVR)_i. Luego, se sumaron los (ICVR)_i (Σ (ICVR)_i) para obtener el valor final del ICVR que resultó ser 58,78%, que representa el porcentaje de calidad de vida real de los habitantes de Huaraz, en función al comportamiento real de los indicadores socioambientales.

La **Figura 2**, muestra la relación porcentual real del ICVO (100%) y del ICVR (58,78%) con la CA_i a través de una fnt.

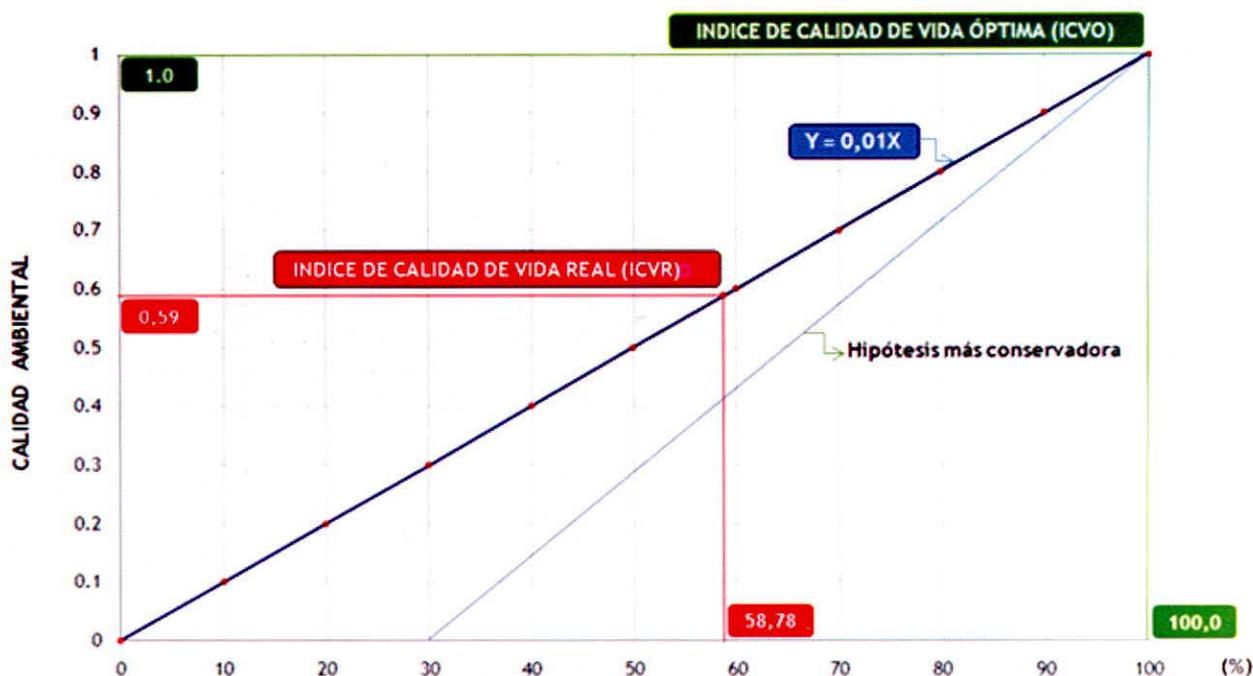


Figura 2: Curva de la fnt que relaciona el ICVO y el ICVR con la CA_i.

DISCUSIÓN

Los resultados revelan conclusiones en la relación actividad humana versus hábitat natural. Así, 8 de los 25 parámetros, presentan una CA_i con menos del 50% de optimización. Siendo los más críticos: la concentración de PM10 que supera los estándares nacional e internacional (0% CA_i), la concentración de TSP y niveles de ruido (10% CA_i), la concentración de PM2,5 (20% CA_i), la densidad poblacional (27% CA_i) y la concentración de NO₂ (38% CA_i). Los restantes 17, sí superaron el 50%.

Otro hallazgo importante para la calidad de vida humana, son los valores de 5 parámetros que superan los valores guía de protección de la salud establecidos por la OMS (ver **Tabla 1**).

La **Tabla 2**, muestra valores de 7 parámetros que no alcanzan los estándares óptimos para una buena calidad de vida. Entre ellos, están: la insuficiente cobertura de áreas verdes, el deficiente manejo de los residuos sólidos, la precariedad funcional de las alcantarillas asociado al no tratamiento de las aguas residuales, el tránsito vehicular desordenado y el bajo nivel de la remuneración mínima.

La **Figura 2**, muestra la relación porcentual real del ICVO (100%) y del ICVR (58,78%) con la CA_i a través de una fnt. Es una primera aproximación de la real calidad de vida de los habitantes de Huaraz en

función a la calidad ambiental. La ponderación, confirma que el comportamiento y calidad de los factores ambientales impactan directa e indirectamente en la calidad de vida. Una hipótesis más conservadora, hubiera supuesto un menor porcentaje para el ICVR.

CONCLUSIONES

1. El ICVO en función de las relaciones intrínsecas entre sí de los 25 parámetros evaluados alcanza el valor adimensional 148,00, que representa la importancia absoluta (I) del comportamiento óptimo de los parámetros en el contexto de la calidad de vida de los habitantes. El ICVO, permitió estimar porcentualmente el ICVR de 58,78%, que representa el porcentaje de calidad de vida real (confort real) de los habitantes de Huaraz, en función al comportamiento y calidad ambiental real de los indicadores socioambientales.
2. De los 25 parámetros ambientales evaluados: 8, alcanzan valores porcentuales de CA_i en más de 80% de optimización; 8, están por debajo del 50%, siendo el más crítico la concentración de PM10 que supera los estándares nacional e internacional (0% CA_i); 5, superan los valores guía de protección a la salud humana

establecidos por la OMS; y 7, no alcanzan los valores estándar óptimos para una buena calidad de vida.

3. La determinación de los índices ICVO e ICVR, en relación matricial, que vincula entre sí parámetros de indicadores socioambientales, en una primera aproximación, jerarquiza el nivel de la calidad de vida de los habitantes de Huaraz, demostrando la alta dependencia de la calidad de vida (confort humano) del comportamiento y calidad de los ecosistemas.

AGRADECIMIENTO

A la UNASAM-OGIyCT y al II-FCAM, por el patrocinio institucional; al CPH y a la EPS-Chavín, por el acceso a sus datos; a mis colegas Rafael Figueroa y Mario Leyva, por sus contribuciones profesionales; y a los tesisistas César Jaque, Luis Pompilio, Cecilia Melgarejo, Ernesto Robles, Jimmy Antúnez, Tatiana Solórzano y Carlos Ayala, por su aporte con datos e información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Antúnez, Jimmy. 2008. Prevalencia de Afecciones Respiratorias Agudas (ARAS) y Afecciones Dérmicas (ADS) en Relación a la Contaminación Atmosférica-Huaraz-diciembre del 2003 a junio del 2004. Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo".
- DIGESA.** 2009. Normas sobre calidad del aire. Lima. En: http://www.digesa.minsa.gob.pe/aire_LC_02.htm (consultado en febrero de 2009).
- DIGESA.** 2000. Evaluación de la Calidad del Aire en la Ciudad de Huaraz-Ancash. Huaraz: separata de 33 páginas.
- Environmental Protection Agency (EPA).** 2009. Air Resources Board (ARB). Hydrogen Sulfide. En: <http://www.arb.ca.gov/research/aaqs/caaqs/h2s/h2s.htm> (consultado en abril de 2009).
- EPS-Chavín. 2009. Entrevista con Julio Broncano, Gerente Comercial, el 6 de abril de 2009.
- Gómez Domingo. 2003. Evaluación de Impacto Ambiental. Madrid, Barcelona y México: Ediciones Mundi-Prensa.
- Google Earth. Imágenes de satélite del 2 de junio de 2005. Image 2009 Digital Globe, 2009 Map Link/Tele Atlas, 2009 Lead Dog Consulting; 2009.
- En: <http://www.google.es/intl/es/earth/index.html> (consultado en octubre de 2009).
- Jaque César y Pompilio Luis. 2002. Evaluación de la Calidad del aire de la Ciudad de Huaraz. Tesis para optar el título de ingenieros ambientales. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo.
- MBM S.A. 2007. Datos de la Estación Meteorológica CO ubicada en las coordenadas UTM 8945386 N y 222466E. Huaraz: Fuente responsable Rafael Figueroa Tauquino.
- Melgarejo Cecilia, Robles Ernesto, Valladares Pedro y Leyva Mario. 2006. Determinación de las zonas de riesgo humano por exposición a plomo en la ciudad de Huaraz. Tesis para optar el título profesional de ingeniera/o ambiental. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo".
- MPH. 2009. Entrevista con Silvestre Quito, responsable de la División de Gestión Ambiental de la Gerencia de Servicios Municipales, el 6 de abril de 2009.
- MTPE. 2009. Informe Estadístico Mensual-Enero 2009. Lima: Dirección Nacional de Promoción del Empleo y Formación Profesional; enero 2009, año 13-número 152.
- NAAQS (EPA-USA). 2009. Disponible en: <http://www.epa.gov/air/criteria.html> (consultado en marzo de 2009).
- Poma Carlos, Leyva Mario y Olivera Juan. 2006. Mapa de Contaminación por Ruido de la Ciudad de Huaraz. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo-Instituto de Investigación de la Facultad de Ciencias del Ambiente.
- Valladares, Pedro. 1996. Ecología Ambiental de una Zona Altoandina de La Cordillera Blanca. Tesis para optar el título profesional de ingeniero ambiental. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo".
- Valladares, Pedro. 2007. Huella Ecológica de Huaraz. Huaraz: Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo-Facultad de Ciencias del Ambiente.

Correspondencia:

Pedro Valladares J.
pedrovalladaresj@gmail.com