

**UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE AGRONOMIA



**INTERPRETACION DE IMÁGENES
SATELITALES PARA LA CALIDAD AMBIENTAL
URBANA DE LA CIUDAD DE HUAMANGA
DURANTE EL PERIODO 1986 - 2011.**

Tesis para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Presentado por:

LIDIA MACHACA MENDIETA

Ayacucho _ PERÚ

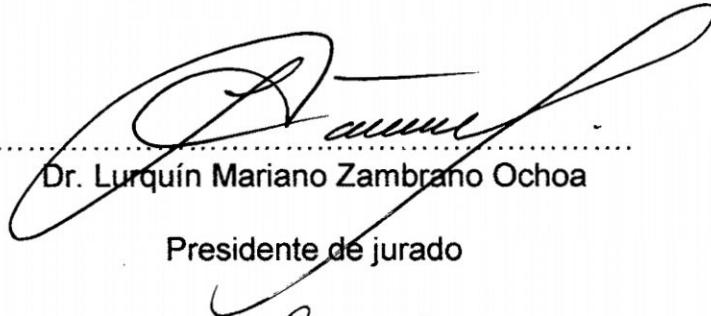
2013

Tesis
Ag 1022
Mac

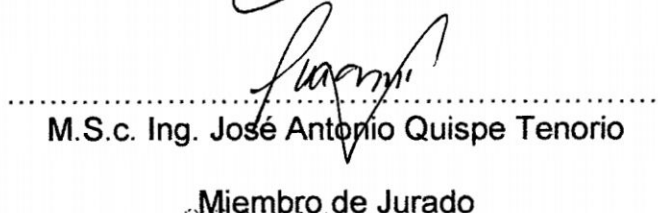
INTERPRETACION DE IMÁGENES SATELITALES PARA LA
CALIDAD AMBIENTAL URBANA DE LA CIUDAD DE HUAMANGA
DURANTE EL PERIODO 1986 - 2011.

RECOMENDADO : 25_07_2013

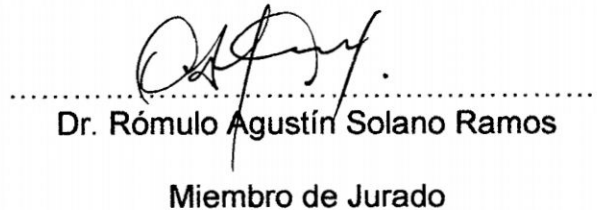
APROBADO : 02_08_2013



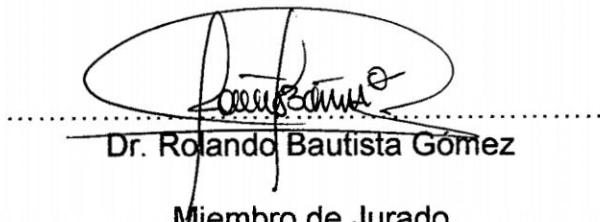
.....
Dr. Lurquín Mariano Zambrano Ochoa
Presidente de jurado



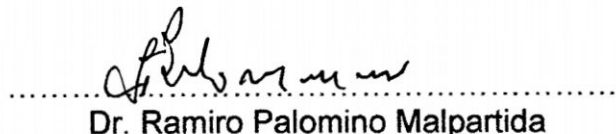
.....
M.S.c. Ing. José Antonio Quispe Tenorio
Miembro de Jurado



.....
Dr. Rómulo Agustín Solano Ramos
Miembro de Jurado



.....
Dr. Rolando Bautista Gómez
Miembro de Jurado



.....
Dr. Ramiro Palomino Malpartida

DECANO (e) Facultad de Ciencias Agrarias

DEDICATORIA

A mis padres:

Modesto e Hilaria, fuente de mi propia vida, de quienes intento aprender a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento.

A mis hermanas y hermanos:

Marcela, Magdalena y Gualberto, por contagiarme su entereza y optimismo. La vida misma es un gran tejido: en un momento es saber ser urdimbre y en otro saber ser trama. Gracias por darme la fortaleza y serenidad para lograr esta meta.

Benedicta, Victoria, María, Mery, Jorge W, Rosalinda y Norma D. Por haberme acompañado durante esta etapa, mediante el estímulo y apoyo en este reto personal.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a mi asesor, el Ing. MSc. José Quispe Tenorio, por su guía en esta investigación y por su enseñanza, pero, sobre todo por su paciencia y confianza y por respaldar en el desarrollo de este trabajo.

A mi coasesor, el Ing. MSc. Gualberto Machaca Mendieta, por su tiempo y disponibilidad.

A todos los profesores de la Escuela de formación Profesional de agronomía, porque sin la formación que me han proporcionado, este trabajo no hubiera sido posible.

Así mismo a la magna casa de estudios, la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga y en especial a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía, que me brindo las condiciones para estudiar.

Además, agradezco a la Asociación Bartolomé Aripaylla (ABA-Ayacucho), por su formación integral cotidiana, una institución líder a nivel regional y nacional que articula esfuerzos y logros de las comunidades andinas en los procesos de restablecimiento de allinkawsay/sumaqkawsay (vivir bien/vida primorosa).

Mis disculpas si obvio a alguien.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	x
RESUMEN	1
INTRODUCCION	2
Objetivo General	5
Objetivos específicos	5
CAPITULO I	6
1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA	6
1.1. El problema de calidad ambiental urbano	6
1.2. Justificación	9
CAPITULO II	11
2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. Indicadores de calidad ambiental urbana	11
2.1.1. Que se entiende por indicador	16
2.1.2. Indicadores de calidad ambiental	20
2.2. Expansión urbana y estudios urbanos	24
2.3. La teledetección y sus aplicaciones: El caso particular de los estudios urbanos	50
CAPITULO III	55
3. MATERIALES Y METODOS	55
3.1. Ubicación de la región Ayacucho	55
3.2. Localización del área de estudio	58
3.3. Caracterización del área de estudio	60
3.3.1. Clima	60
3.3.2. Fisiografía	61
3.3.3. Hidrografía	62
3.3.4. Geomorfología	63
3.3.5. Ecología	63
3.3.6. Uso de suelos	64
3.3.7. Vegetación	70
3.3.8. Situación socioeconómica y cultural	71
3.3.8.1. Población	71
3.3.8.2. Aspectos económicos productivos	74
3.3.8.3. Propiedad y tenencia de recursos	75

3.4. Metodología.....	77
3.5. Concepción y esquema de la metodología	77
3.6. Procesamiento de imágenes de satélite.....	79
3.6.1. Selección de imágenes de satélite.....	79
3.6.2. Tratamiento de imágenes de satélite.....	81
3.7. Cálculo de las variables ambientales	92
3.7.1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)	92
3.7.2. Índice de humedad en las hojas (LWCI)	93
3.7.3. Índice de Suelo Urbanizado de Diferencia Normalizada (NDBI)	94
3.7.4. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI).....	94
3.7.5. Índice del Contenido de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI).....	95
3.7.6. Estimación de temperatura de superficie (TS).....	95
3.8. Estimación del Índice de Calidad Ambiental Urbano.....	99
3.9. Información meteorológica.....	102
CAPITULO IV.....	104
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	104
4.1. Cálculo de las variables ambientales.....	104
4.1.1. Evolución espacial y temporal del NDVI	104
4.1.2. Evolución espacial y temporal del LWCI.....	108
4.1.3. Evolución espacial y temporal del NDWI.....	109
4.1.4. Evolución espacial y temporal del NDSI	111
4.1.5. Evolución espacial y temporal del SAVI.....	112
4.1.6. Evolución temporal y espacial de temperatura de superficie Ts.....	114
4.1.7. Evolución espacial de calidad del aire y ruido ambiental	122
4.2. Obtención de factores sintéticos a través del ACP	124
4.3. Estimación del índice de calidad ambiental urbana (ICAU)	144
4.4. Jerarquización de calidad ambiental por distrito y por uso del suelo urbano.....	153
4.4.1. Jerarquización de la calidad ambiental por distrito	153
4.4.2. Jerarquización de la calidad ambiental por uso de suelo....	162
4.5. Comparación del ICAU con antecedentes del territorio	173
CAPITULO V.....	186
5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS.....	186
5.1. CONCLUSIONES.....	186
5.2. PERSPECTIVAS	193
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	194
ANEXOS.....	207
1. PROPUESTA DE PLAN DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CIUDAD DE HUAMANGA.....	207

2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE HUAMANGA ANTE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA.....	212
3. INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA DIRESA – AYACUCHO.....	212

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Asociaciones de vivienda y asentamientos en Ciudad de Huamanga - 1996-2008.	48
Tabla 2.2: Crecimiento de la población al año 2005	49
Tabla 3.1: Déficit de áreas verdes - 2008	70
Tabla 3.2: Evolución de densidad poblacional 1981-1993-2005.....	71
Tabla 3.3: Densidad poblacional por distrito- 2005	71
Tabla 3.4: Población de la Ciudad de Huamanga según distrito - 2005.....	72
Tabla 3.5: Tendencia del Valor Agregado Bruto por sectores económicos 2004-2006	74
Tabla 3.6: La distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) en la Ciudad de Huamanga, 2005.	75
Tabla 3.7: Viviendas particulares con ocupantes presentes por régimen de tenencia por distritos - 2005.	75
Tabla 3.8: Fechas de adquisición de imágenes Landsat 5-TM utilizadas.	81
Tabla 3.9: Valor determinado para la sustracción del píxel oscuro.	83
Tabla 3.10: Información utilizada en la georreferenciación de las imágenes.	86
Tabla 3.11: Coeficientes de calibración para Landsat - 5TM.	88
Tabla 3.12: Irradiancia espectral solar exo-atmosférica.	88
Tabla 3.13: Datos del metadato y cálculos derivados para la calibración radiométrica.	88
Tabla 3.14: Valores de máxima reflectividad para vegetación de humedad permanente.	93
Tabla 3.15: Constantes de calibración de la banda termal del Landsat.	96
Tabla 3.16: Lista de las estaciones meteorológicas y datos utilizados en el estudio.....	102
Tabla 4.1: Resultados del análisis de componentes principales para el año 1986.....	127
Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos para el año 2011.....	134
Tabla 4.3: Matriz de correlaciones ^a	134
Tabla 4.4: KMO y prueba de Bartlett.	135
Tabla 4.5: Comunalidades.....	136
Tabla 4.6: Varianza total explicada.....	137
Tabla 4.7: Matriz de componentes rotados ^a	139
Tabla 4.8: Pertenencia de los conglomerados para el 2011.....	155
Tabla 4.9: Distancia entre los centros de los conglomerados finales para el 2011.....	155
Tabla 4.10: Centros iniciales de los conglomerados para el 2011.	156
Tabla 4.11: Centros de los conglomerados finales para el 2011.....	156
Tabla 4.12: Resumen de evolución de la calidad ambiental por distritos.....	161
Tabla 4.13: Tipos de usos del suelo urbano establecido en plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018.....	162
Tabla 4.14: Pertenencia a los conglomerados para el 2011.....	169

Tabla 4.15: Distancia entre los centros de los conglomerados finales.	170
Tabla 4.16: Centros iniciales de los conglomerados.	170
Tabla 4.17: Centros de los conglomerados finales.	170

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 2.1: Perfil de una Isla Urbana de Calor según Kalkstein (1993). Fuente: Tomada de Agencia de Protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos_ EPA (1992).	45
Ilustración 3.1: Mapa político de la República del Perú. Fuente: Adaptado de INRENA.	56
Ilustración 3.2: Mapa político de la Ciudad de Huamanga. Fuente: Elaboración propia.	58
Ilustración 3.3: Mapa de los distritos de la Ciudad de Huamanga. Fuente: Elaboración propia.	59
Ilustración 3.4: Esquema metodológico desarrollado en el análisis espaciotemporal de la CAMU.	78
Ilustración 3.5: Puntos de control sobre la Banda 4 del Landsat correspondiente al 10.jul.1986.	85
Ilustración 3.6: Detalle de la imagen Landsat, en falso color 741, de julio 1986 antes (izquierda) y después (derecha) de la corrección topográfica....	92
Ilustración 4.1: Índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI.	105
Ilustración 4.2: Índice de humedad en las hojas, LWCI.	109
Ilustración 4.3: Índice de contenido de Humedad de Diferencia Normalizada, NDWI.	110
Ilustración 4.4: Índice de suelo urbanizado de diferencia normalizada, NDSI.	111
Ilustración 4.5: Índice de vegetación ajustado al suelo, SAVI.	114
Ilustración 4.6: Serie temporal de Temperatura de superficie, Ts, para el periodo 1986 a 2011.	115
Ilustración 4.7: Evolución temporal de Ts en el área de la Ciudad de Huamanga.	117
Ilustración 4.8: Evolución temporal de los índice de vegetación y humedad.	122
Ilustración 4.9: Evolución espacial de la calidad de aire y ruido ambiental.	123
Ilustración 4.10: Porcentaje de la variación total explicada.	130
Ilustración 4.11: Factores sintéticos para el periodo 1986.	132
Ilustración 4.12: Factores sintéticos para el periodo 1999.	132
Ilustración 4.13: Factores sintéticos para el periodo 2011.	133
Ilustración 4.14: Gráfico de sedimentación.	139
Ilustración 4.15: Factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS.	142
Ilustración 4.16: Gráfico de componentes en espacio rotado.	142
Ilustración 4.17: Regresión entre factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS y con Idrisi.	144
Ilustración 4.18: Factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS.	144

Ilustración 4.19: Puntuaciones de calidad ambiental urbano resultante para 1999.....	146
Ilustración 4.20: Índices de calidad ambiental urbano calculados con el Idrisi.....	147
Ilustración 4.21: Índices de calidad ambiental urbano calculados para el 2011 con el SPSS (derecha) e integrado con variables de calidad de aire y ruido ambiental (izquierda).....	148
Ilustración 4.22: Índices de calidad ambiental urbano rescalado.....	149
Ilustración 4.23: Índices de calidad ambiental urbano rescalados para el 2011 obtenidos con el SPSS (derecha) y con variables de calidad de aire y ruido ambiental (izquierda).....	149
Ilustración 4.24: Evolución temporal de categorías del Índice de calidad ambiental urbano.....	150
Ilustración 4.25: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 1986.....	151
Ilustración 4.26: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 1999.....	151
Ilustración 4.27: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 2011.....	152
Ilustración 4.28: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 2011.....	154
Ilustración 4.29: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 1986.....	158
Ilustración 4.30: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 1999.....	160
Ilustración 4.31: Mapa de zonificación integral de la Ciudad de Huamanga, Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018. Fuente: Municipalidad provincial de Huamanga, 2008.....	167
Ilustración 4.32: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerado para el 2011.....	168
Ilustración 4.33: Mapa de evolución urbana de la Ciudad de Huamanga, Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018. Fuente: Municipalidad provincial de Huamanga, 2008.....	175
Ilustración 4.34: Comparación de mapa de evolución urbana con índice de calidad ambiental.....	176
Ilustración 4.35: Evolución del ICAU con respecto a la expansión urbana de la Ciudad de Huamanga.....	177
Ilustración 4.36: Evolución del ICAU con relación a la expansión de la mancha urbana categorizado por distrito.....	178
Ilustración 4.37: Principales grupos de causas de morbilidad asociados con la contaminación ambiental registrada en la Dirección de Salud Ayacucho durante el 2011. Fuente: Elaboración propia con datos de DIRESA, 2012.....	179
Ilustración 4.38: Mapa de principales grupos de causas de morbilidad asociados con la contaminación ambiental registrada durante el 2011. Fuente: Elaboración propia con datos de DIRESA Ayacucho-Oficina de Informática, Telecomunicaciones y Estadística, 2012.....	182

RESUMEN

A pesar de que la noción de la calidad de vida ambiental son tan importantes en nuestro medio, existe una escasez de trabajos académicos que exploren esta relación y que, a su vez, elaboren índices para conocer la distribución espacial de la calidad de vida ambiental de la Ciudad de Huamanga.

Es por ello que el presente estudio se propuso a estimar la calidad ambiental de la Ciudad de Huamanga y sus 4 distritos (Ayacucho, Jesús de Nazareno, San Juan Bautista y Carmen Alto), con datos obtenidos desde imágenes de satélite aplicando un modelo sencillo y con una periodicidad adecuada.

Las imágenes del satélite está basado en datos multitemporales del sensor *Thematic Mapper* (TM), a bordo del satélite Landsat-5, con el que se estima el índice de vegetación de diferencia normalizada (NVDI), Índice de humedad en las hojas (LWCI), Índice de contenido de Humedad normalizada (NDWI), Índice de suelo urbanizado normalizado (NDSI), Índice de vegetación ajustada al suelo (SAVI) y Temperatura del suelo (Ts). Resultando de ellas las mapas que evidencian cambios espacio-temporales de ICAU de la Ciudad de Huamanga y sus distritos, según la presencia del material vegetal.

El periodo considerado corresponde entre los años 1986 a 2011, enfocado en el mes de julio, debido a que este mes son las más frías y secos del año que evidencian la calidad ambiental de la ciudad y sus distritos.

PALABRAS CLAVE: Landsat-5TM, NVDI, LWCI, NDWI, NDSI, SAVI, Ts, Calidad, vida ambiental, Ciudad.

INTRODUCCION

Los indicadores ambientales juegan un papel importante en la política pública, porque ayudan a construir percepción pública de problemas complejos. Además, proveen información cuantitativa para evaluar la efectividad de las alternativas de decisión pública.

Desde la promulgación de la Agenda 21, son grandes los esfuerzos a nivel mundial, regional y local que buscan consolidar un sistema de indicadores que apoye más a los tomadores de decisión en el diseño de la política y gestión ambiental del territorio (OCDE, 2001; UNCHS/ HABITAT, 2000; Eurostat, 2000).

Si bien los problemas ambientales urbanos han sido tratados como componentes temáticos en mucho de los sistemas de indicadores de desarrollo sostenible que se han propuesto, la generación de indicadores e índices para medir los problemas ambientales y la sostenibilidad ambiental urbana son más recientes, debido a las restricciones de datos para desarrollar sistemas de indicadores a los niveles más desagregados (MMA, 1996; UNEP/PNUMA, 2001; Segnestam, 2002).

Considero que el desarrollo de metodologías a niveles más desagregados es una línea de investigación relevante, dado que las grandes concentraciones urbanas son sistemas complejos en donde las situaciones ambientales (positivas y negativas) pueden presentar diferencias significativas entre zonas de una misma ciudad. Ello demanda la construcción de información

adecuada que permita, a los tomadores de decisiones, diseñar y priorizar la ejecución de estrategias ambientales que impacten de forma diferencial las distintas zonas en una ciudad.

En esta tesis se presenta una estructura metodológica para la construcción de indicadores ambientales a nivel urbano y se propone un modelo para construir un índice de calidad ambiental urbano (ICAU) de acuerdo a la división política administrativa de los 4 distritos que conforman la Ciudad de Huamanga, así como según los tipos de uso de suelo urbano. Por tanto, se propone un modelo para obtener un índice de calidad ambiental urbano (ICAU) para la Ciudad de Huamanga, a partir de imágenes satelitales Landsat 5-TM. Para este índice se considera como una variable latente explicada un conjunto de indicadores que lo determinan y derivan de datos teledetectados.

Actualmente se discute ampliamente la problemática ambiental en diversos sectores y su reflexión lentamente está derivando en la consideración de que existe un problema ambiental urbano de una magnitud considerable, cambiando la visión exclusiva de lo ruralista de la problemática ambiental. El deterioro físico, espacial, social y económico de las ciudades se configura como un problema comparable y estrechamente relacionado con los grandes problemas ambientales.

La expansión de la Ciudad de Huamanga, el deterioro de los recursos naturales y la contradicción entre ciudad y campo, exigen día a día una solución urgente y profunda, lo que ha implicado en la toma de medidas necesarias que permitan preservar los recursos naturales y promover una política de reutilización, conservación y mantenimiento. Se requiere de una acción social de concientización que establezca una mejor relación hombre-naturaleza, ciudad-campo, medio construido-medio natural, con el hombre y sus diferentes actividades de incorporación en la sociedad.

En este marco es necesario y urgente desarrollar una investigación sobre la calidad ambiental que facilitará métodos de planeación de las ciudades y los asentamientos humanos urbanos y que introduzcan la concepción ambiental como elemento estructurante de un desarrollo integral que además involucre la visión interdisciplinaria que interviene estrechamente en todo el fenómeno ambiental de los asentamientos humanos; para evitar la irregularidad ambiental que sufre actualmente el territorio, como producto de la incompleta y limitada visión técnica de planeación y control de algunos problemas ambientales locales.

A partir de estas condiciones, el presente estudio persigue los siguientes objetivos:

Objetivo General

El propósito del presente estudio es, determinar la calidad ambiental de la Ciudad de Huamanga con datos obtenidos desde imágenes de satélite en el periodo comprendido entre 1986 y 2011.

Objetivos específicos

- a) Estimar un índice de calidad ambiental del área urbana de Huamanga, por distrito, empleando 6 indicadores ambientales (NDVI, Ts, LWCI, NDSI, NDWI y SAVI) derivados de imágenes de satélite; que sirva como insumo para los procesos de planificación y gestión ambiental de la Ciudad de Huamanga.
- b) Clasificar los distritos de la Ciudad de Huamanga por sus características de calidad ambiental y según a una serie de factores sintéticos estimados con el APC, así como por los usos de suelo establecido con el catastro de la municipalidad de Huamanga.
- c) Analizar la dinámica de la actividad humana sobre el territorio urbano y su impacto en la calidad ambiental estimada para la Ciudad de Huamanga, e identificar áreas donde priorizar los esfuerzos para mejorar y preservar la calidad ambiental de la Ciudad de Huamanga.

CAPITULO I

1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.1. El problema de calidad ambiental urbano

En las ciudades latinoamericanas, hoy existen evidencias importantes respecto a la distribución desigual del acceso de la población a los bienes y servicios ambientales. Uno de los ejemplos se refiere a la desaparición, reducción y deterioro de las cubiertas vegetales, incluyendo terrenos de cultivo, áreas naturales y humedales (Romero & López, 2007, Smith & Romero, 2007), asociadas al crecimiento incontrolado de los espacios urbanizados y, a la consiguiente fragmentación espacial que dicho crecimiento conlleva. Aún más, se ha constatado que la pérdida de calidad de los paisajes naturales al interior y alrededor de las ciudades ha afectado y afecta en forma diferenciada a los distintos grupos sociales (Vásquez & Romero, 2007). En este sentido, diversos estudios indican que en distintas ciudades los efectos medioambientales negativos causados por el crecimiento, estructura y funcionamiento de las ciudades, son crecientes y se distribuyen de modo desigual en la población, existiendo una sobrecarga de estos problemas en sectores habitados por comunidades de bajos ingresos o pertenecientes a alguna minoría étnica (EPA, 2002; Walker and Bulkeley, 2006; Krieg and Faber, 2004; Fisher et al, 2006). Al mismo tiempo,

funciones ambientales favorables como las otorgadas por la vegetación urbana, también presentan una desigual distribución en la población, concentrándose en las áreas donde residen los estratos de mayores recursos (Pedlowski et al, 2002; De la Maza et al, 2002).

Estos cambios se traducen, en términos ambientales, en apareamiento o incremento de la contaminación de las aguas, aire y suelos; desarrollo de islas de calor, de ventilación y de humedad; reducción y fragmentación de áreas verdes, congestión vehicular y creciente segregación socio espacial de sus habitantes. El aumento de las áreas impermeables, producto de las construcciones presentes en las ciudades, y la disminución consecuente de las zonas con vegetación, altera la calidad ambiental, por cuanto modifica, entre otros (Romero y Vásquez, 2005): 1) el balance de energía, haciendo que aparezcan las UHI, 2) el ciclo hidrológico, con alteraciones en la velocidad de escurrimiento del agua y de los tiempos y volúmenes de recarga y descarga de los acuíferos subterráneos, 3) los hábitats naturales, y 4) el valor estético del paisaje.

En tanto, la sustentabilidad de las ciudades pequeñas e intermedias se encuentra en discusión y en muchas de ellas la transición hacia ciudades grandes no hará sino replicar a escala, los graves problemas de las ya existentes y de las metrópolis. Para evitar que esto ocurra, la planificación y gestión urbana deben considerarse como una forma de mejorar la calidad de vida ambiental de sus habitantes.

En este sentido, debido al carácter complejo y las diferentes escalas involucradas en las temáticas ambientales urbanas hacen necesarios diversos puntos de vista de análisis para comprender su dinámica, la magnitud y complejidad de los problemas ambientales han creado la necesidad de integrar un conjunto de conocimientos derivados de diferentes campos del saber (Leff, 1986).

Al respecto, uno de los campos son, las imágenes provistas por satélites constituyen en la actualidad, y desde aproximadamente dos décadas, un importante insumo para el desarrollo de estudios de diversos fenómenos que ocurren sobre la superficie terrestre. Particularmente en este trabajo las imágenes satelitales, tratadas a través de procesadores digitales adecuados, se utilizarán para determinar un índice de calidad ambiental a partir de seis indicadores ambientales: temperatura de superficie (TS), los índices de vegetación normalizado (NDVI), de humedad en las hojas (LWCI), índice de suelo urbanizado de diferencia normalizado (NDBI), índice de vegetación ajustado al suelo (SAVI) e índice de contenido de humedad de diferencia normalizada (NDBI), con los que se estimará el ICAU a nivel de distritos, usando análisis estadístico multivariado. El índice será representado territorialmente, a través de un Sistema de Información Geográfica, por distrito para los análisis a nivel espacial y temporal.

En este sentido, surgen dos preguntas que guía el presente trabajo de investigación, y son:

- a) ¿Cuáles son las modificaciones ambientales significativas sobre el medio en el área urbana de la Ciudad de Huamanga en el periodo 1986 a 2011?
- b) ¿Los factores, que inciden en la calidad ambiental urbana y por tanto en el desarrollo social y económico de las ciudades, generalmente están asociados a la forma como la población y sus actividades ocupan y utilizan el espacio?

1.2. Justificación

La calidad ambiental urbana es conceptualizada como un conjunto complejo de factores humanos y ambientales interrelacionados (tipo, densidad y disposición de las construcciones, malla vial, densidad de población, presencia de áreas verdes, calidad del aire y del agua, islas de calor, entre otros) que inciden favorable o desfavorablemente en la vida de los ciudadanos (Nichol & Wong, 2005). La expresión y distribución de estos factores en las ciudades no son homogéneas y demandan, para su adecuada gestión y planificación, información que refleje las diferencias temáticas en el espacio y tiempo.

Disponer de esta información no siempre es posible en las condiciones de los países en desarrollo, dado los altos costes de adquisición por medio de los métodos censales. En algunos casos, pueden existir datos e indicadores ambientales históricos, pero no siempre estos resultan adecuados, por cuanto han sido obtenidos mediante métodos diferentes o se encuentran a escalas inapropiadas. Combinar en una misma estructura analítica y espacial indicadores derivados de imágenes satelitales y aquellos adquiridos adecuadamente mediante censos o de planes catastrales, permite construir sistemas de indicadores ambientales más eficientes y a más bajo coste para la toma de decisiones.

Sin embargo, para coleccionar datos sobre aspectos ambientales urbanos, en Huamanga no existe estudios que integren distintos indicadores, y peor aún derivados de las imágenes de satélite, para crear índices sintéticos que expliquen la complejidad espacial de la calidad ambiental urbana. En una Provincia en expansión como lo es Huamanga, los planificadores urbanos no dan uso a la información derivada de imágenes satelitales como fuente de datos para valorar la calidad ambiental, mostrando clara limitación en la gestión integral de la complejidad inherente de la realidad urbana necesaria para los tiempos actuales.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Indicadores de calidad ambiental urbana

Según define Ott (1978); un indicador ambiental es un medio para reducir una gran cantidad de datos a su forma más simple, manteniendo el significado esencial para las cuestiones formuladas a los datos. Asimismo, se puede interpretar como una medida estadística, variable, estimación o parámetro medioambiental (p.e: emisión de CO₂) que provee información agregada, sintética, sobre un fenómeno (p.e: lluvia ácida) más allá de la capacidad de representación propia. Esta información va ligada a los cambios en el estado del medio ambiente o de las actividades humanas que afectan al mismo. El significado anexo al indicador ambiental normalmente está unido a la definición de un estándar ambiental, por lo que los indicadores, además de reflejar el estado actual de una parte concreta de la realidad, pasan a tener un marcado carácter normativo. (Ott, 1978), y donde los indicadores son entradas en los procesos de formulación de política ambiental, y permiten resumir una gran cantidad de datos para facilitar la comunicación de las situaciones ambientales a diferentes grupos sociales (MMA, 1996; Segnestam, 2002).

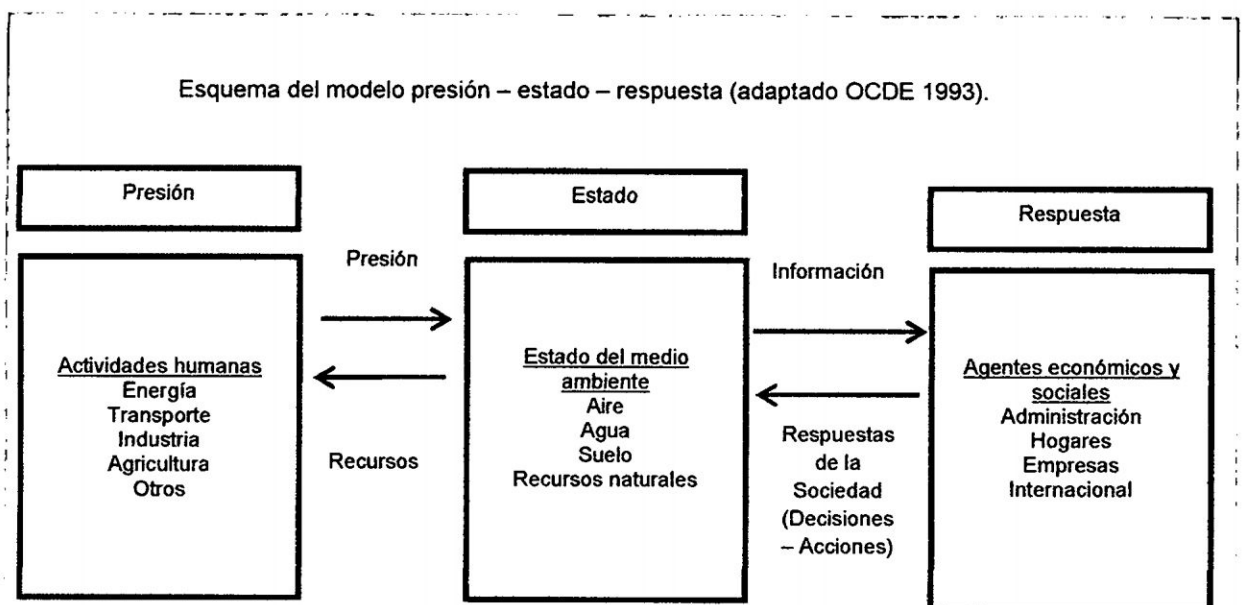
Por otro lado, los indicadores pueden entenderse como las células del sistema de indicadores. En esta tarea es indispensable establecer el objetivo concreto del sistema de indicadores, ¿a quién va dirigido y para qué?

En el caso que nos ocupa, el objetivo es diseñar un sistema útil para avanzar en el desarrollo de la política ambiental, dirigido a responsables políticos y a los agentes sociales.

Existen diversos esquemas de organización capaces de cumplir con esta tarea.

Uno de los más ampliamente utilizados por lo inmediato de su comprensión es en el que trabaja la OCDE. Se trata del sistema presión - estado - respuesta, el cual se basa en una cadena de causalidades donde se entiende que las actividades humanas originan presiones sobre el medio ambiente (indicadores de presión) que modifican la calidad y cantidad de los recursos naturales (indicadores de estado), en virtud de lo cual se produce una respuesta que tiende a modular la presión como señala en el siguiente cuadro:

Cuadro: Esquema del modelo presión - estado - respuesta.



Los indicadores de estado pueden organizarse de diversas maneras; por preocupación ambiental, ecosistema, etc. El tipo de organización más utilizados es el relativo a las preocupaciones ambientales (OCDE, AEMA, MIMAM):

- Cambio climático
- Destrucción de la capa de ozono
- Eutrofización
- Acidificación
- Sustancias tóxicas
- Medio urbano
- Biodiversidad
- Calidad y cantidad de agua
- Etc.

Los indicadores de presión se organizan generalmente en función de los principales sectores; agricultura, energía, industria, transporte, turismo, etc.

Ejemplo de indicadores de evaluación ambiental en un sistema de presión – estado- respuesta.

Tema: cambio climático

Indicadores de presión	Emisiones de CO ₂ y CH ₄
Indicadores de estado	Concentración atmosférica de gases de efecto invernadero. Variación en la temperatura media global.
Indicadores de respuesta	Impuestos sobre el CO ₂ Gasto en eficiencia energética, energías alternativas, etc.

Los indicadores ambientales y su organización en sistemas constituyen un instrumento versátil, capaz de optimizar el uso de la información ambiental, dar curso a un procedimiento sistemático de toma de decisiones y avanzar en una sólida integración de la política ambiental. (Manteiga, 2000)

Los criterios para la selección de indicadores medioambientales idóneos son los siguientes:

a) Relevancia política y utilidad para los usuarios. Un indicador medioambiental debe: Proveer una imagen representativa de las condiciones medioambientales, presiones sobre el medio ambiente o las respuestas de la sociedad; Ser simple, fácil de interpretar y capaz de mostrar tendencias a lo largo del tiempo; Ser sensible a los cambios en el medio ambiente y en las actividades humanas relacionadas; Proveer una base para las comparaciones internacionales; Ser aplicable tanto a escala nacional como a escala regional; Tener umbrales o valores de referencia definidos con los cuales comparar el significado de los valores obtenidos.

b) Bondad analítica. Un indicador medioambiental debe: Tener buen fundamento teórico en términos técnicos y científicos; Estar basado en estándares internacionales y con consenso internacional acerca de su validez; Prestarse a su inclusión en modelos económicos, predictivos y sistemas de información.

c) Mensurabilidad. Un indicador medioambiental debe: encontrarse disponible a una ratio coste/beneficio razonable; estar adecuadamente documentado con información de calidad suficiente; ser actualizado en

intervalos regulares de tiempo de acuerdo a procedimientos establecidos de antemano. (OCDE, 1993)

“Los indicadores ambientales son indicadores sociales que deben su origen a la creciente concienciación de que los indicadores económicos, expresados en términos monetarios, son inadecuados y no miden lo que ocurre en la esfera económica y social al ignorar e incluso ocultar las importantes consecuencias negativas del proceso económico, es decir, omiten los costes sociales reflejados en el deterioro del medio ambiente humano en el sentido físico y social del término”.

En el ámbito de la política ambiental y, fundamentalmente en materia de información sobre el estado del medio ambiente, se ha producido un considerable auge en el uso de indicadores, llamados estrictamente medioambientales (o ambientales).

A modo de justificación del incremento de la demanda de este tipo de indicadores se encuentran cuatro razones fundamentales (siguiendo a OCDE, 1993): Medida de políticas medioambientales; Integración de las cuestiones ambientales en políticas sectoriales; Integración más general de la toma de decisiones ambiental y económica (a través de la contabilidad ambiental, por ejemplo); e informe del estado del medio ambiente. (Kapp, 1995)

2.1.1. Que se entiende por indicador

Los indicadores son variables. Los datos son mediciones (o, en el caso de las variables cualitativas, observaciones) de los valores adoptados por la variable en tiempos diferentes, lugares diferentes, poblaciones (en sentido genérico, como por ejemplo países, grupos sociales, lugares geográficos) diferentes, o combinaciones de las tres categorías. El término estadística se usa para denotar un elemento individual de una colección de datos cuantitativos, y también para nombrar una cantidad (ej. promedio o desviación estándar) calculada a partir de una muestra. A un determinado nivel de agregación o de percepción (local, global, etc.), se pueden definir indicadores que son variables individuales o bien que son una función de otras variables. Esta función puede ser tan sencilla como un cociente o razón (como el caso de un número índice, que mide los cambios en los valores de una variable relativos a algún valor base), un índice (un número que es una función simple de dos o más variables), a menudo una suma ponderada de dos o más variables o subíndices, una multiplicación, o una operación de máximo o mínimo, o tan compleja como el resultado del cálculo de un complejo modelo de simulación (ej. el indicador de temperatura promedio del planeta bajo calentamiento climático)

Los valores de los indicadores a veces pueden ser observados o medidos directamente al nivel de agregación requerido para la toma de decisiones (por ejemplo, a nivel global, usando imágenes de satélite, o midiendo los cambios milenarios en la concentración de dióxido de carbono atmosférico)

en las muestras testigo del hielo antártico y extrapolándolos al planeta). Sin embargo, en la mayor parte de los casos los indicadores se obtienen a partir del procesamiento de datos primarios, que son procesados (ej. promediados, sumados, etc.) y analizados para estimar los valores de variables más agregadas que son entonces utilizadas como indicadores. Un indicador de la contaminación del aire de una ciudad está basado en un número de mediciones individuales que son promediadas y sumadas, y normalmente también corregidas por inconsistencias y vacíos; no es medido directamente a la escala de la ciudad. Así, en la mayoría de los casos, los indicadores son variables que representan funciones más o menos complicadas de los datos primarios. Los índices son funciones simples de variables de menor nivel (a veces denominadas subíndices).

Un proxy (o variable sustituta) en el contexto de los indicadores puede ser definida como una variable que se supone correlacionada (o asociada de alguna manera) a algún atributo del sistema que no es directamente observable (o, por alguna razón, como por ejemplo su costo, no es observado). Por ejemplo, se puede lograr una aproximación indirecta a la emisión de efluentes industriales contaminantes de un país usando el perfil industrial nacional y aplicándole coeficientes calculados de emisión. (Gallopín, 2006).

También un indicador puede ser definido como un parámetro o un valor derivado de parámetros, que proporciona información acerca de un

fenómeno. El indicador tiene un significado que se extiende más allá de las propiedades asociadas directamente con el valor del parámetro. Indicadores poseen un significado sintético y se han desarrollado para un propósito específico. Esto apunta a dos funciones principales:

Reducen el número de mediciones y los parámetros que normalmente se requiere para dar una "exacta" presentación de una situación. Como consecuencia, el tamaño de un conjunto de indicadores y la cantidad de detalles contenidos en el sistema deben ser limitados. Un conjunto con un gran número de los indicadores tienden a desordenar el panorama que tiene por objeto proporcionar. Muy pocos o incluso solo un indicador, puede ser insuficiente para proporcionar toda la información necesaria correspondiente de la información. Además, los problemas metodológicos relacionados con la ponderación tienden a convertirse en mayor con un creciente nivel de agregación. Que simplifican el proceso de comunicación mediante el cual la información de los resultados de la medición se proporciona al usuario. Debido a esta simplificación y adaptación a las necesidades de los usuarios, los indicadores no siempre pueden cumplir unos estrictos requisitos científicos para demostrar las cadenas causales. Los indicadores deben por lo tanto, ser considerada como una expresión de "los mejores conocimientos disponibles". OCDE (1993) Aunque exista confusión aun entre los mismos expertos. Hyatt (2001) y Ebert & Welsch (2003), Por ello, es relevante distinguir entre indicadores simples e índices (indicadores sintéticos). Los primeros están constituidos por la combinación de dos o más datos, y estos

indicadores (y/o muchos datos) son convertidos en un índice mediante una función matemática que los sintetiza (EEA/AMAE, 2002). Y que esta resume información sobre una cuestión en particular, pudiendo mostrar tendencias a partir de la información que proveen. El uso permite analizar de una forma sistemática los problemas y los impactos de determinadas políticas de gobierno y, si están bien diseñados, permite dar respuesta a objetivos políticos definidos. Deben ser operativos en circunstancias y áreas económicas sociales distintas, para poder comparar y relativizar la información que puedan generar. Debe entenderse un indicador como una herramienta integrada en un programa de actuación política que, de forma sistemática y regular en el tiempo, va reflejando las necesidades y la eficiencia de dicha política implementada. (Queraltó, 2008) Considerada como entradas en los procesos de formulación de política ambiental, que permiten resumir una gran cantidad de datos para facilitar la comunicación de las situaciones ambientales a diferentes grupos sociales. (MMA, 1996; Segnestam, 2002). Pero que este resumen traducido en un índice construido no da explicación de todos los factores que pueden describir una variable latente; sin embargo, son en todo momento una aproximación a ella. (Pena Trapero, 1977 y Zarzosa, 1996) debido a que son herramientas cuantitativas que simplifica a través de modelos matemáticos los atributos y pesos de múltiples variables, con la intención de proporcionar una explicación más amplia de un recurso o el atributo a evaluar y gestionar. Pender et al. (2000) Lo importante es que el índice garantice lo que Ebert y Welsch (2003)

denominan un índice consistente. Y que para ello se debe seleccionar del conjunto de indicadores apropiados, porque no es una tarea fácil, dado que ello demanda el entendimiento de cómo funciona el sistema o fenómeno que se quiere explicar, y esto no siempre es posible cuando se trabaja con el medio ambiente (EEA/AMAE, 2002). Por ello, la selección de indicadores obedece no sólo a la interpretación que el científico y la sociedad hagan de una realidad, de por sí compleja, sino también a la disponibilidad de la información en un marco analítico que la interprete. Desde las ciencias sociales, los científicos buscan definir modelos analíticos que delimiten la explicación de variables latentes como la calidad ambiental, el desarrollo sostenible, el bienestar social o cualquier otra. Por ello, un modelo puede o no ser apropiado, en función de su poder de explicación de esa realidad y no tanto por la mayor representación de la complejidad de la misma (OCDE, 1997; Dixon & Segnestam, 2002).

2.1.2. Indicadores de calidad ambiental

El concepto de calidad ambiental como el estado de un conjunto multidimensional de indicadores ambientales se interpreta siguiendo a Freeman (1993), quien afirma que dada una función de utilidad donde las preferencias de los agentes son débilmente separables entre las viviendas y las características ambientales del entorno, es posible definir una función de elección de localización i ,

$b_{ij} = b_{ij}(q_i, Q_{ij}^*, S_i, N_i, u^*)$, en la que los Q_{ij}^* son todo el conjunto de amenidades ambientales asociadas a la vivienda i para cada localidad j , excepto q_i que es una característica ambiental específica asociada a la vivienda i . Esto indicaría que los agentes eligen su localización en un entorno urbano teniendo en cuenta el valor que toman las variables que determinan su función de elección. Q_{ij}^* como una agregación de indicadores multidimensionales que determinan la calidad ambiental del entorno.

Precisado el concepto de calidad ambiental, y dada la revisión general de los modelos de indicadores sintéticos más relevantes a nivel urbano (EEA/AEMA, 1995; Castro, 2002; MMA, 2000), proponemos un modelo en el cual se parte de uno de los componentes del desarrollo sostenible: el componente ambiental. De éste se definen dos subcomponentes y un conjunto de indicadores teóricos simples agrupados en áreas temáticas.

Los criterios que se emplearán para seleccionar las variables que finalmente se utilizarán para construir el índice de calidad ambiental son: validez científica; capacidad de discriminación; existencia de datos; definición de situación de elección pública; representación de la zona descrita; medición directa; sensibilidad a cambios; costo-eficiencia. Estos criterios son el filtro para la selección de los indicadores que finalmente harán parte del índice.

Experiencias de sostenibilidad en Barcelona - España, (Queraltó, 2008). Considera los 10 grupos), ante la falta de iniciativas para desarrollar las

Agendas 21 Locales, se formó el Forum Cívico para una Barcelona Sostenible, que desarrollara un sistema de indicadores de sostenibilidad inspirados en el proyecto de la Office Management and Planning of Seattle en 1994. El estudio realizado por esta organización agrupa los indicadores entorno a premisas medioambientales fundamentales. Los 10 grupos y algún indicador más representativo de los 65 propuestos son los siguientes:

Grupo 1 - Los recursos se deben utilizar de manera eficiente, sin superar el ritmo de renovación de los recursos renovables, sustituyendo progresivamente los no renovables.

Indicadores: energía consumida por habitante; litros de agua consumidos por persona y día; Kilos de residuos sólidos urbanos (RSU) generados por habitante y año.

Grupo 2 - El funcionamiento de la ciudad no debe poner en peligro la salud de las personas ni superar la capacidad de carga del medio ambiente.

Indicadores: calidad del agua litoral; personas expuestas a niveles de ruido superiores a 65, 70, 75 y 80 decibelios diurnos, por distritos.

Grupo 3 - La biodiversidad debe ser valorada y protegida.

Indicador: evolución de los usos del suelo en el ámbito metropolitano de Barcelona (km² de espacios libres).

Grupo 4 – Se fomenta el establecimiento de una alianza global con las otras ciudades y pueblos, para preservar los sistemas naturales comunes de la

tierra, como la regulación climática y la capa de ozono, y para eliminar la pobreza.

Indicador: emisiones de gases de efecto invernadero por habitante y año.

Grupo 5 – Todos debemos tener acceso a los bienes y servicios básicos de vivienda, salud, educación y seguridad.

Indicadores: relación entre el salario o la renta media y el precio medio de la vivienda (tanto de compra como de alquiler), por distritos; seguridad percibida y evaluación que dan los ciudadanos/as del nivel de seguridad de su barrio de residencia y de la ciudad globalmente.

Grupo 6 - La ciudad debe preservar la mezcla de funciones, fomentando la proximidad y la vida de barrio para que el acceso a los servicios urbanos no se haga a expensas del medio ambiente.

Indicadores: proporción del espacio viario destinado a peatones, aceras, plazas, islas peatonales, con relación al tráfico rodado; porcentaje de habitantes que tienen acceso a pie en menos de cinco minutos a seis servicios básicos: transporte público, mercado municipal, centro escolar, centro de asistencia primaria, y zona verde (jardín o parque).

Grupo 7 - El trabajo social y el tiempo libre deben distribuirse equitativamente entre todas las personas, hombres y mujeres.

Indicador: diagrama del uso del tiempo total anual en la ciudad, distinguiendo entre hombres y mujeres, según: tiempo de trabajo remunerado, tiempo de

desplazamiento obligado al trabajo, tiempo de trabajo reproductivo, entre otros.

Grupo 8 - La equidad en las formas de vida de los ciudadanos y ciudadanas se debe incrementar.

Indicador: diferencia en la esperanza de vida media de hombres y mujeres entre distritos.

Grupo 9 - Todos debemos tener acceso a un trabajo remunerado, con un salario digno y una contratación estable.

Indicador: número de personas en paro, y niveles de protección (distinguiendo por sexos y edades).

Grupo 10 - La economía ha de ser diversificada, y la dependencia del exterior se ha de reducir.

Siempre que sea posible, las necesidades deben satisfacerse preferentemente con recursos locales.

Indicadores: Concentración de la ocupación según sectores de actividad y tamaño de las empresas.

2.2. Expansión urbana y estudios urbanos

El presente y futuro de América Latina están intrínsecamente asociados con el crecimiento de sus áreas urbanas. Muchos de los cambios más significativos de la llamada globalización tienen lugar en espacios urbanos. Uno de los indicadores más claros es la población. Más de la mitad de la población total del planeta, aproximadamente 3.3 mil millones de personas,

viven en áreas urbanas (Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos, 2011). Las Naciones Unidas estiman que la población urbana del planeta llegará a más del 60 % en el año 2030. La discusión sobre el crecimiento urbano es particularmente importante en América Latina, ya que cuenta con una de las mayores tasas de urbanización en el mundo (Cohen 2004).

Datos de las Naciones Unidas (United Nations Commission on Human Settlements - UNCHS 2002) señalan que la población urbana en esa región creció de 176.4 millones en 1972 a 390.8 millones en el año 2000 y se espera se incremente a 604 millones para el año 2030. Durante el mismo periodo, el porcentaje de la población total viviendo en áreas urbanas se incrementó de 58.9% a 75.3% y se espera llegue a ser 83% de la población total en el año 2030, una proporción similar a la que existe en países altamente industrializados.

Vale la pena resaltar que la visión fragmentada de las áreas urbanas no puede ser atribuida a la falta de conocimiento sobre sus diversas dimensiones. Los estudios urbanos tienen una larga tradición. La atención de la cuestión urbana en América Latina ha tenido avances sistemáticos a partir de la década de 1960. Las contribuciones de la vieja escuela de estudios urbanos sobre América Latina, desde fines de los años 1960 crearon una tradición en la atención de la dimensión social, económica y política en las áreas urbanas de la región (Quijano 1967, Hardoy 1972). Estudios

posteriores contribuyeron a entender las dramáticas transformaciones de las áreas urbanas en la región y sus consecuencias para el crecimiento económico y el bienestar social de los países en América Latina (Lomnitz 1972, Castells 1981, Gilbert 1974, Unikel & Necochea 1975, Restrepo 1980, Ward 1982, Steinberg 2005).

La dimensión ambiental es introducida en la discusión de la cuestión urbana de manera sistemática, en la década de los años 80 y ampliada, sustancialmente, en la década de los años 90, a partir de la creciente atención internacional al desarrollo sustentable, la agenda 21 y los problemas ambientales locales, regionales y globales (Leff 1998). A pesar del cúmulo de conocimiento creado sobre las diversas dimensiones del crecimiento de las áreas urbanas, poco se avanzó en la creación de perspectivas multidimensionales integradas de ese crecimiento.

Una nueva gama de estudios en los últimos años ayuda a entender los beneficios de una perspectiva integrada del crecimiento urbano útil al desarrollo sustentable: el importante papel de los servicios ecológicos para la vida y función urbana que les permiten mejorar el equilibrio con la naturaleza y obtener de ella servicios que mejoran las condiciones de vida de la población (Bouland & Hunhammar 1999, Madaleno 2000, Chiensura 2004); metabolismo urbano que documenta los flujos de energía y materiales en el sistema urbano (Warren-rhodes & Koenig 2001); ecología urbana

(Pickett et al. 1997, Schrijnen 2000); desastres naturales (Federovisk 1990, Smyth & Royle 2000); el papel de la cultura urbana y su vínculo con el espacio construido (García, 1999); las consecuencias del espacio urbano forma y función en agravar la violencia del interior de las ciudades (Moser y Mcilwaine 2006), problemas de salud mental (Sturm y Cohen 2004) o en crear obstáculos y falta de incentivos para la actividad física que acentúan problemas de obesidad y sus consecuencias en la salud de la población tales como el diabetes, cáncer, hipertensión, etc. (Jackson 2003); el impacto de la forma urbana y sus actividades económicas en la creación de microclimas al interior del área urbana; (Jáuregui & Morales 1996, Tayanc, et 1997) que afecta la distribución de lluvias y condiciones de confort de la población al interior del área urbana; la creciente vulnerabilidad urbana y social a las consecuencias negativas de desastres naturales asociadas a cambios estacionales y globales en el clima (Rosenzweig & Solecki 2001); la creación de corredores y espacios para fomentar hábitats para especies de flora y fauna regionales (Blair & Launer 1997 et.) ; estrategias para facilitar la integración de zonas marginadas al resto de la estructura urbana (Benjamín 2004); la percepción de la población de problemas ambientales (Jacobi 1994).

Entender la crisis urbana y proponer acciones para reducirla, dentro de un marco de desarrollo sustentable, requiere de una nueva manera de estudiar las áreas urbanas, a partir de esquemas multidimensionales integrados. Las

dimensiones social, económica, cultural, política, ambiental, ecológica y física de la vida urbana ocurren e interactúan en diversas escalas geográficas (local, nacional, regional, global) y en el tiempo.

Luengo G. (2002). Considera que la consecuencia de estos procesos ha tenido tres vertientes: Un componente urbano-arquitectónico poco estructurado, un ambiente físico natural poco protegido con una desequilibrada relación con el espacio construido y un componente socio-cultural expresado en el desajuste de las relaciones vivenciales, dadas por una deficiente organización de los actores sociales por una parte y por la otra por una débil cohesión social.

En términos generales, el logro de objetivos aceptables de «calidad ambiental», debe sustentarse en una concepción global donde se consideren los múltiples factores que inciden en su determinación. En ello inciden variables relacionadas con factores eminentemente «cualitativos», como lo son el aire respirable, la adecuada proporción de espacios verdes y de expansión y su accesibilidad y tratamiento, la seguridad personal, la calidad de los servicios además de su existencia cuantitativa. (no basta que exista transporte público, este además de satisfacer requerimientos de una determinada «cantidad» de usuarios, debe ser «cualitativamente» satisfactorio.) No basta asimismo tener cantidades suficientes de agua para beber, sino que esta debe poseer ciertos requisitos mínimos de continuidad del servicio, potabilidad, eficiencia administrativa, etc.) Estos, entre otros

factores, están asociados a la idea de la «calidad ambiental». Uno de los problemas fundamentales que se presentan para la determinación de la calidad ambiental, es atinente a la determinación de indicadores confiables referidos a los diferentes aspectos a considerar. En este sentido, es condición preliminar la precisión de los aspectos generales y luego la ubicación y definición de las variables.

En términos generales, existen tres variables fundamentales que requieren la mayor atención para la búsqueda de un desarrollo armónico de la ciudad: Su condición de ciudad universitaria, sus características físico-ambientales y sus valores histórico-patrimoniales.

La tierra como ecosistema "formado por un grupo de poblaciones diversas e interactuantes que viven dentro de ciertos límites regionales,....., comparten ciertas características... flujo de energía, regulación (reciclaje) de nutrientes y regulación del tamaño (número de individuos) de las poblaciones (Fried, G. 1991)... es un sistema interdependiente en donde cualquier cambio generado en uno de sus componentes tiene consecuencias para todos los seres vivos.

El aire que rodea la tierra está compuesto por nitrógeno en un 78%, 0,03% de dióxido de carbono y 21 % de oxígeno, estos componentes son parte de los ciclos bioquímicos que forman el ecosistema planetario. Tienen las siguientes funciones: el oxígeno sirve para la respiración de los seres humanos, el dióxido de carbono utilizan las plantas en el proceso de

fotosíntesis. El nitrógeno es necesario para el crecimiento de las plantas. La atmósfera también brinda protección de las radiaciones del sol, modulando la temperatura, transporta la humedad de los océanos a los continentes para formar la lluvia y actúa como unión entre el sol y los seres vivos, a partir de esa energía se crean las condiciones climáticas. Las actividades humanas, caracterizadas por la explotación, transformación y consumo de los recursos a través de la tecnología presentan especial importancia en este contexto, debido a los flujos energéticos que crean. Tanto la explotación, como la transformación y el consumo de los recursos supone transferencias de energía, en cada transferencia la energía se degrada, es decir, existe una pérdida irre recuperable, "ninguna transformación espontánea puede ser 100% eficiente,... la calidad de la (energía) que queda suele incrementarse en gran medida. (Odum, E.P. & Sarmiento, F. 1998)

En consecuencia, el ser humano para desarrollar sus actividades necesita cada vez mayores y mejores fuentes de energía, diferentes a la del sol, lo que supone: mayor disipación de calor, mayor explotación de recursos naturales para crear fuentes energéticas; mayor volumen de desechos que superan la capacidad de procesamiento y absorción de los sumideros naturales ya que, a diferencia de la energía, la materia no se pierde en el funcionamiento de un ecosistema, los elementos químicos que la componen pasan de una parte a otra de la estructura utilizando energía para ello. Cada subsistema absorbe, o se alimenta de un nutriente y como producto de su funcionamiento y combinación con las moléculas que le componen, expele

otro tipo de elemento. Por tanto el flujo de energía en un ecosistema plantea, una organización, una lógica ordenada, que supone "sistemas alejados del equilibrio... (Con eficientes) estructuras disipadoras" que bombean hacia fuera el desorden (Prigogine, L., Nicolis, G. y Babloyantz, A. 1972). La capacidad de estructura de mantener el orden, que significa mayor aprovechamiento de la energía, es el principio que permite la perdurabilidad y sobrevivencia de un ecosistema, sumado a la disponibilidad de una fuente continua de energía de alta calidad. (Odum, E.P. & Sarmiento, F. 1998). Esta dinámica propia determina que existan productores, consumidores y organismos que desintegran la materia, que funcionan de acuerdo a los tiempos de renovación naturales de los recursos y a los lugares de ubicación de los mismos. Sin embargo, las actividades humanas han utilizado los recursos en forma intensiva y desordenada, han generado un nivel superior de desechos de los que el ecosistema puede descomponer (Ministerio del Medio Ambiente, Dirección General Ambiental Sectorial, Bogotá, 2002). Creando procesos de descomposición adicionales y la necesidad de un espacio, para que estos residuos sean depositados. Las actividades humanas debido al aumento de la velocidad del crecimiento poblacional, a un estilo de vida y de desarrollo que no toma en cuenta los ritmos de renovación de recursos naturales, ni sus localizaciones han alterado el frágil equilibrio ecosistémico.

Tanto la localización como el nivel de impacto de las actividades antropogénicas en los procesos ambientales, han estado mediados

históricamente por aspectos demográficos, de dotación espacial y de acceso a los recursos naturales y a los medios para su aprovechamiento.

Los aspectos demográficos involucran el crecimiento y la estructura de la población mundial (edad, sexo), que influyen en el desarrollo de las actividades humanas y en las consecuencias que ellas generen para el ambiente, así como, son uno de los determinantes de los requerimientos físicos para su sobrevivencia e imponen ritmos diferentes a las tareas para conseguir el mayor aprovechamiento de los recursos.

La dotación espacial, determina la localización de los ecosistemas que serán mayormente impactados por estas actividades (Bajraj. L., Villa. M. & Rodríguez, J. 2000). Y es el límite físico sobre el cual se desarrollan las actividades humanas y sobre el cuál se aplica la tecnología para la explotación y transformación de los recursos.

El acceso a los medios para el aprovechamiento de los mismos está determinado por relaciones sociales, económicas, culturales, de género y de poder que han determinado el tipo, ubicación y manejo de la explotación de un recurso frente a otro. Por tanto, el desarrollo de las sociedades humanas, entendido como la superación de una etapa de menor progreso a una de mayor progreso, ha supuesto un cambio estructural en el ecosistema terrestre. En consecuencia, el resultado ha sido, escasez de los recursos perecibles y dificultad para la recuperación de los recursos renovables, porque las condiciones que se necesitan para ello también se han modificado. En diferentes niveles de concentración, las actividades

antropogénicas se localizan en las ciudades. En el interior de ellas, los procesos ambientales tienen características especiales, ya que "grandes cantidades de contaminantes se concentran en volúmenes pequeños de aire, agua y suelo (Tyler Miller, Jr. 1994)", con el atenuante que pueden ser transportados debido a corrientes atmosféricas y fluviales a lugares distantes. Es el estilo de vida y desarrollo humano de estas organizaciones urbanas las que generan, en orden de importancia debido a su volumen, entre otros:

- Dióxido de Carbono y Monóxido de carbono, a través del consumo de combustibles fósiles para transportarse de un lugar a otro; para procesos industriales que transforman alimentos, vestimenta y artefactos para la mayor comodidad de la vida humana.
- Metano, óxido nitroso, óxidos de nitrógeno debido al manejo intensivo de suelos con ingentes cantidades de subsidios químicos, que permiten rendimientos más elevados tanto en cultivo, como en ganado, para satisfacer a la demanda de alimentos. Agrícolas y ganaderos en forma permanente, desde las ciudades.

La severidad de los efectos que produce la contaminación tiene que ver con tres factores:

- I. -La naturaleza química de los contaminantes que se emiten y se forman en aire, suelo y agua y cuan nocivos puedan ser para los seres vivos.

2.-La concentración de estos contaminantes por unidad de volumen, lo que determina el grado de toxicidad del compuesto para el ser vivo de acuerdo al tiempo de exposición.

3.-La persistencia de los contaminantes, que está determinado por el tiempo que permanecen en aire, agua o suelo, el contaminante (Tyler Miller, Jr. 1994).

Las alteraciones del ecosistema natural y sus componentes provocadas por el consumo de combustibles fósiles, combustibles de biomasa, cambio de uso de la tierra, agricultura y ganadería intensiva y extensiva, producción y emisión de halocarbonos han provocado y siguen provocando consecuencias a nivel mundial como "macro contaminación de magnitud mundial (por la) difusión de sustancias tóxicas en el ambiente (se trata de sustancias químicas no biodegradables y también de desechos radioactivos); acidificación de lagos, destrucción de bosques: deterioro de la capa de ozono y cambios al sistema climático una de las mayores evidencias es el calentamiento global o alteración del efecto invernadero. Ya que el sistema climático es el resultado de la interacción de los componentes vivos y no vivos y es un termómetro de la situación del equilibrio ecosistémico.

Como se mencionó, una de las funciones de la atmósfera, es calentar la superficie de la tierra, a través de dejar pasar una parte de la radiación solar. La otra parte de esta energía, es devuelta al espacio cuando choca con la parte superior de la atmósfera. Dentro del planeta la radiación es

absorbida por la tierra y el agua en donde nuevamente una parte de la radiación ahora llamada radiación infrarroja, es devuelta de nuevo hacia el espacio a través de la atmósfera. Pero a través del dióxido de carbono y el vapor de agua se conservan parte de la radiación permitiendo que exista una temperatura adecuada para el desarrollo de los procesos vitales, a eso se llama efecto invernadero (Moncada. M. 1997) que ocurre en forma natural. Sin embargo las actividades humanas por la utilización de fuentes de energía liberan a la atmósfera "grandes cantidades de gases que atrapan la radiación infrarroja, estos gases se llaman gases de efecto invernadero (GEI) entre los cuales están: el vapor de agua, el dióxido de carbono, el óxido nitroso, el metano, los gases generadores de ozono de la troposfera y los clorofluorocarbonos (Moncada. M. 1997)". Estos gases alteran el efecto invernadero natural, ya que aumentan la temperatura de la tierra lo que ya está provocando aunque en dimensiones leves aún, consecuencias de diverso tipo y magnitud: en algunos lugares inundaciones y erosión, en otras sequía y expansión de los desiertos y aumento del nivel de los mares con lo que se perderían zonas costeras y fuentes de agua dulce. Para los organismos vivos estos cambios suponen la pérdida de hábitat específicos y por tanto la pérdida de biodiversidad; para la actividad agrícola significaría reducción de cosechas por la incidencia de plagas de insectos; para los seres humanos supone aumento de mortalidad por enfermedades infecciosas así como enfermedades producidas por la contaminación de aire, suelo y agua. La contaminación del aire, es uno de los componentes que

produce esta cadena de consecuencias. Se produce por actividades antropogénicas que originan grandes volúmenes de emisiones de contaminantes arrojadas a la atmósfera, que superan la capacidad de disipación (asimilación) de los mismos a través de los vientos, provocando degradación de la calidad del aire. La contaminación altera la composición del aire, mantiene en la atmósfera una alta concentración de los contaminantes, así como permite la formación de contaminantes secundarios que son los que resultan de la reacción de los componentes de la atmósfera con los contaminantes. Dependiendo de la persistencia, concentración y factores climáticos y geográficos que favorecen o perjudican la disipación, la contaminación puede causar efectos de diversa magnitud de acuerdo al tiempo de exposición. Por ejemplo las partículas suspendidas en el aire de un diámetro menor a 2,5 micras afectan a las vías respiratorias; el monóxido de carbono disminuye la captación de oxígeno en la sangre, afecta la percepción, la capacidad de pensar, disminuye los reflejos, puede causar inconsciencia; el óxido de nitrógeno provoca dolores de cabeza, irritación de los ojos, nariz, y garganta; el dióxido de azufre irrita las membranas del sistema respiratorio y causa inflamación de la garganta. En consecuencia la contaminación del aire, agua y suelo, las congestiones de automóviles, el ruido son algunos de los costos a nivel de calidad ambiental producidos por los mejores servicios que la ciudad ofrece. La lógica expansiva y de formación de las urbes atrae cada vez a más población, que buscando mejores condiciones de vida, migran a las ciudades debido a la

concentración en un mismo espacio de servicios, oportunidades, distracciones y actividades derivadas de ello. Por tanto, son puntos de atracción permanentes que crean nuevas necesidades de servicios públicos, como agua potable, alcantarillado, suelo, utilizando para ello cada vez lugares más alejados de provisión y depósito. Para los procesos ambientales del medio circundante a las urbes, ello supone un constante cambio de uso del suelo, para urbanizar, para usos agropecuarios o para depósitos de desechos así como, una permanente demanda de recursos ya que "la ciudad crece en forma de mancha de aceite" (Martínez, J & Roca Jusmet. 2000)

Dentro de la ciudad, los bienes ambientales tienen distinto tratamiento de acuerdo al uso que se les da. El suelo, es un bien inmueble de propiedad privada, por tanto, tienen un precio en el mercado basado en las condiciones y localización del mismo. El agua, debido al proceso que requiere para ser consumido por los habitantes, tiene un precio basado más en el costo de su distribución que en la función ambiental y para la vida que cumple. El aire es un bien público caracterizado por que su uso no es exclusivo es decir no es propiedad de nadie y por su no rivalidad o sea está disponible para el uso de todos (Tyler Miller, Jr. 1994) y el consumo de una persona más se supone que no afecta al consumo del resto por tanto su costo marginal es nulo, no tiene un precio en el mercado. Aunque son indispensables las funciones que presta para todos los procesos bióticos como se explicó. Sin embargo, en las urbes por la concentración de gran cantidad de actividades

antropogénicas, así como por los factores mencionados que median el impacto de estas actividades, la posibilidad de que el uso del aire de una persona, no afecte el derecho que tiene el resto de habitantes al aire de buena calidad, se torna difícil. El libre acceso a bienes públicos como el aire ha llevado a un "abuso o agotamiento de los recursos de propiedad común llamado "la tragedia de los comunes". Sucede, porque cada usuario, razona como sigue: Si yo no uso este recurso, otro lo hará. La pequeña parte que utilizó o la poca contaminación que origino carecen de importancia" (Tyler Miller, Jr. 1994). Entonces las acciones individuales de unos generan para otros efectos negativos como son la pérdida de bienestar, costos adicionales para afrontar los daños, etc. Los efectos dañinos al no ser considerados por las personas que las generan son externos al proceso de decisión que los originó por tanto tampoco ellos consideran los perjuicios y costos que el daño ha provocado. Es decir, son efectos externos o externalidades cuyas consecuencias son perjudiciales para los que lo reciben. En consecuencia, el efecto de la contaminación del aire, es una externalidad negativa, es un perjuicio que reciben las personas por acciones de terceros.

Por otro lado Vásquez (2008), menciona que numerosos estudios señalan a la vegetación como uno de los elementos biofísicos más importantes en el medio ambiente de las ciudades, debido a que presta un sinnúmero de funciones y servicios ambientales valiosos; entre otros, mejorar la calidad del

aire, ayudar a controlar los ruidos, reducir riesgos de inundación y proteger la biodiversidad.

Po otro lado, Luengo (2002). Menciona: Las condiciones óptimas que rigen el comportamiento del espacio habitable en términos de comfort asociados a lo ecológico, biológico, económico productivo, socio-cultural, tipológico, tecnológico y estético en sus dimensiones espaciales. De esta manera, la calidad ambiental urbana es por extensión, producto de la interacción de estas variables para la conformación de un hábitat saludable, confortable y capaz de satisfacer los requerimientos básicos de sustentabilidad de la vida humana individual y en interacción social dentro del medio urbano.

Entendemos que es importante establecer los límites del concepto, relativamente poco trajinado, con relación al más desarrollado de "calidad de vida". "Calidad ambiental" a diferencia de este, va orientado al conocimiento y análisis de aquellos aspectos que conforman el hábitat físico donde el hombre desarrolla sus actividades básicas de vivir, trabajar, alimentarse, descansar, desplazarse y disfrutar. Se trata de determinar cuáles son los diferentes aspectos y condiciones que propician o entorpecen estas actividades y la determinación de sus variables e indicadores. Como se ve, es un concepto más particularizado con una evidente connotación espacial.

Pueden considerarse cuatro niveles de aproximación al problema de la calidad ambiental asociado cuatro categorías espaciales. El primero concierne al ámbito de las relaciones vecinales, el barrio, la "urbanización o la pequeña comunidad caracterizado por una "identidad" propia; en este

rango se producen los mayores niveles de interacción entre las personas y su ámbito espacial. El segundo, corresponde a la escala parroquial, espacio urbano de mayor complejidad con una estructura espacial y funcional asociada a un primer rango organizacional. El tercer nivel, corresponde al ámbito urbano intermedio o municipio, caracterizado por agrupar, (en el caso de Venezuela), a un conjunto de parroquias y subordinado a una estructura administrativa compleja (El Alcalde y el Consejo Municipal) que entre otras cosas es la autoridad urbanística. El cuarto nivel corresponde al ámbito metropolitano, de mayor complejidad y generalmente, en el caso de las ciudades intermedias y grandes, conformado por un conjunto de municipios y gran complejidad espacial y organizativa. Su dinámica funcional y espacial corresponde a actividades de intercambio y comercialización de bienes variados (de lo básico a lo suntuario) y de servicios generales y especializados así como de actividades educacionales y sanitarias especializadas o de niveles superiores, con presencia de áreas dedicadas a actividades de expansión, diversión y cultura a escala urbana y metropolitana.

Bajo estas premisas, los estudios, estarán dirigidos a la determinación y manejo de las condiciones básicas que deben lograrse en estos diferentes niveles de análisis, a fin de satisfacer los requerimientos fundamentales que garanticen niveles adecuados de "calidad ambiental urbana"

En términos generales, el logro de objetivos aceptables de "calidad ambiental", debe sustentarse en una concepción global donde se consideren los múltiples factores que inciden en su determinación. Variables relacionadas con factores eminentemente "cualitativos", como lo son el aire respirable, la adecuada proporción de espacios verdes y de expansión y su accesibilidad y tratamiento, la seguridad personal, la calidad de los servicios además de su existencia cuantitativa. (No basta que exista transporte público, este además de satisfacer requerimientos de una determinada "cantidad" de usuarios, debe ser cualitativamente" satisfactorio.) No basta asimismo tener cantidades suficientes de agua para beber, sino que esta debe poseer ciertos requisitos mínimos de continuidad del servicio, potabilidad, eficiencia administrativa, etc.) Estos, entre otros factores, están asociados a la idea de la "calidad ambiental"

Por otra parte, el concepto de "calidad ambiental" parece sustentarse en tres principios básicos:

- a- Satisfacción de los habitantes,
- b- Participación en las decisiones.
- c- Conciliación entre los intereses individuales y colectivos.

Uno de los problemas fundamentales que se presentan para la determinación de la calidad ambiental, es atinente a la determinación de indicadores confiables referidos a los diferentes aspectos a considerar. En este sentido, es condición preliminar la precisión de los aspectos generales y luego la ubicación y definición de las variables.

Inciden entonces, tres grandes aspectos de carácter general que actúan como referentes para la evaluación de la calidad ambiental: Físico-naturales, urbano-arquitectónicos y socioculturales.

Los primeros están referidos a las condiciones del ambiente natural, específicamente lo referido a factores climático-meteorológicos y de relieve que determinan variables como la temperatura, la humedad, las precipitaciones y otros factores incidentes en el biosistema local y en sus efectos sobre la "sensación" de confort. Asimismo, se incluyen aspectos naturales de potencial incidencia en la seguridad personal tales como el riesgo por sismos, inundaciones, deslizamientos, incendios, tormentas eléctricas, etc. que aun cuando no ocurran, su posibilidad estadística representa un alto efecto de "disconfort psicológico" por el potencial destructivo sobre personas y bienes.

El segundo gran aspecto a considerar es el ambiente artificial urbano-arquitectónico. Una ciudad (o sector urbano) puede, de acuerdo a sus características, constituirse en atractor o detractor de efectos psico-físicos de incidencia positiva o negativa. El primer caso lo constituyen aquellos lugares urbanos donde tanto la estructura urbana (en su configuración estético-formal) como la infraestructura de servicios tiende a satisfacer los requerimientos ciudadanos al constituirse en "quantum" de retroalimentación positiva ciudad-habitante (respuestas positivas a requerimientos "normales" de demanda). Estos espacios urbanos, signados por un alto nivel cualitativo de sus condiciones espaciales y funcionales, constituyen un fundamental

agente causal de bienestar psico-físico de los habitantes, condición básica para la calificación en calidad ambiental. El segundo caso (incidencia negativa) lo constituye la situación inversa, ausencia o deficiencia en las variables mencionadas como causales de "disconfort".

El tercer factor, está determinado por aquellos aspectos de orden social expresados en patrones culturales de respuesta a principios convivenciales donde se manifiesta un sensible (y delicado) equilibrio entre los requerimientos de la vida individual y social. En este sentido, los diferentes patrones de respuesta están en buena medida determinados por una parte por el nivel cultural y por la otra por la existencia (o no) de efectivos mecanismos de control. Un evidente ejemplo de esto lo constituye el tránsito urbano, donde pueden entrar en conflicto por el incumplimiento de normas básicas, peatones y conductores de automotores y también en ocasiones, de bicicletas y patinadores. Un alto nivel de desorganización y caos en la estructura espacio funcional del sistema de desplazamientos urbanos es altamente estresante y "atractor" de disfunciones anómalas que se traducen en riesgo real y potencial, pérdida de horas-habitante, altos gastos energéticos y efectos contaminantes.

Aún existe divergencia respecto de lo que se entiende por expansión urbana; en términos generales se reconoce como un desarrollo urbano disperso, separado de la periferia de las ciudades, descoordinado y sin tomar en cuenta los efectos sociales y ambientales que produce.

Paradójicamente, el argumento original del proceso de dispersión y difusión urbana tiene su origen en la búsqueda de mejores condiciones ambientales, calidad de vida y precios del suelo más reducidos. Entonces, el modelo de crecimiento discontinuo y disperso es básicamente un modelo espontáneo que se apoya en gran medida de la infraestructura existente, en el que la gestión inmobiliaria y la actuación personal de los distintos agentes resultan decisivas.

Es así justamente, que este rápido y generalizado proceso de expansión urbana genera cambios en los usos y coberturas de los suelos naturales (bosques, matorrales y humedales), agrícolas y forestales, deteriorando el estado y funcionamiento ambiental de estos territorios (Romero y Vásquez, 2005); y más aún, la degradación ambiental por los cambios de cobertura y uso de suelo, vulneran a las personas que habitan áreas con serias perturbaciones ambientales.

A esta, (ONU-HABITAT, 2011) entraña el cambio climático riesgos físicos que se traduce en:

- Días y noches más cálidos y cada vez más calurosos en la mayor parte del área terrestre.
- Días y noches menos fríos en muchos puntos del mundo.
- Aumento de la frecuencia de periodos calientes/ olas de calor en la mayor parte del área terrestre.
- Aumento de la frecuencia de episodios de lluvias torrenciales en la mayor parte del área terrestre.

- Aumento de las áreas afectadas por la sequía.
- Aumentos de intensidad de la actividad de ciclones tropicales en algunos puntos del mundo.
- Aumento del nivel del mar en algunos puntos del mundo.

Estos cambios afectan en el suministro de agua, la infraestructura física, el transporte, los bienes y servicios del ecosistema, el suministro de energía y la producción industrial.

Kalkstein (1993) menciona: Que los esquemas para el desarrollo urbano durante los últimos 50 años han tenido impactos positivos y negativos en las comunidades a lo largo del país. Una preocupación ha sido el constante aumento de las temperaturas urbanas debido a la creación de islas urbanas de calor. Una isla de calor es una capa de aire frecuentemente sobre una ciudad o una área construida, el cual es más caliente que el aire alrededor.

Como muestra en la siguiente ilustración:

Perfil de una Isla Urbana de Calor

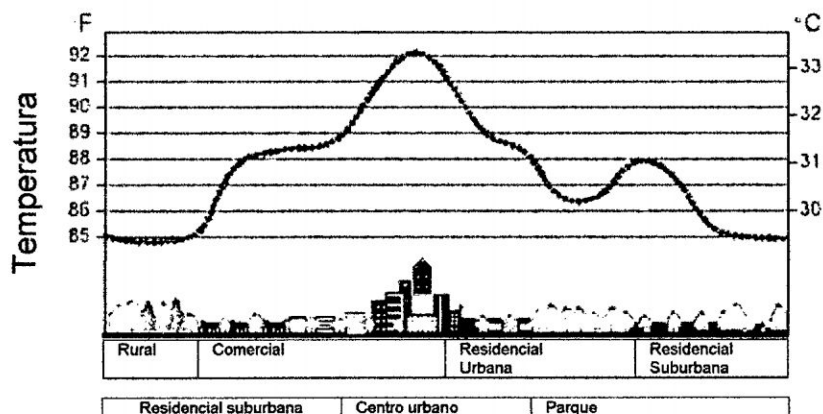


Ilustración 2.1: Perfil de una Isla Urbana de Calor según Kalkstein (1993). Fuente: Tomada de Agencia de Protección al Medio Ambiente de los Estados Unidos_ EPA (1992).

El perfil de una isla urbana de calor, mostrado aquí, demuestra que las islas de calor son típicamente más intensas sobre áreas densamente pobladas. El perfil también muestra como parques y áreas verdes dentro de un área céntrica pueden ayudar a reducir las islas de calor. En general, en el verano las islas de calor aumentan la demanda de aire acondicionado, los niveles de contaminación del aire (particularmente el smog), y las emisiones de gases con efecto invernadero. También aumentan la incidencia de enfermedades y muertes relacionadas al calor. De hecho, en un año promedio aproximadamente 1,100 americanos mueren por el calor extremo, la mayor causa de muerte relacionada al clima en los EEUU (Kalkstein, 1993).

Las islas de calor aumentan esta amenaza a la salud pública por acrecentar directamente la temperatura e indirectamente los niveles de concentración de ozono a nivel del suelo. Las personas de alto riesgo por el calor extremo son los ancianos, los niños y las personas con enfermedades respiratorias preexistentes. Las personas que viven en casas con techos oscuros y sin aire acondicionado también pueden ser más vulnerables que la población en general.

Y otra de las consecuencias de la rápida expansión urbana se encuentran el aumento desempleo y la pobreza, servicios urbanos inadecuados, sobrecarga de la infraestructura existentes, falta de acceso a las tierras, al financiamiento y a una vivienda adecuada, y la degradación ambiental. La

gestión ambiental sostenible del medio ambiente urbano constituirá uno de los mayores desafíos del futuro.

La pobreza es una de las fuerzas motrices de la degradación ambiental urbano. Los pobres urbanos, que no pueden competir con recursos escasos ni protegerse de las condiciones ambientales nocivas, son los más afectados por los impactos negativos de la urbanización. Según se estima, un cuarto de la población urbana vive por debajo de la línea de pobreza y los hogares encabezados por mujeres son proporcionalmente los más afectados.

La recolección y el manejo inadecuado de los desechos son causa de importante contaminación urbana e implican graves riesgos para la salud. (PNUMA, 2002)

Y en caso de la Ciudad de Huamanga, la expansión urbana en los últimos 12 años se ha caracterizado por la ocupación en laderas, zonas de riesgo, zonas previstas para la expansión a largo plazo sin vía y el crecimiento sobre áreas en proceso de consolidación en los distritos de Carmen Alto y San Juan Bautista identificadas en el Plan Director 1996. Pero que a la vez el crecimiento de la ciudad lleva consigo el aumento de los riesgos ambientales y de la salud si no se toman medidas de control adecuadas.

Así tenemos que en el período 1996 al 2008 se habrían incrementado un total de 42 nuevas asociaciones y asentamientos humanos, la mayoría de las cuales tiene problemas legales por la propiedad del terreno, estimándose que albergan a más de 11,000 familias, como se menciona en la siguiente:

Tabla 2.1: Asociaciones de vivienda y asentamientos en Ciudad de Huamanga - 1996-2008.

Distrito	No. Asociaciones / Asentamientos	Años	No. Lotes
Distrito Ayacucho	18	2001 a 2005	6,953
Distrito o Jesús Nazareno	10	2006 a 2008	450
Distrito San Juan Bautista(1)	7	2004 a 2005	1,22
Distrito Carmen Alto	7	2006 a 2007	2,715
Total Ciudad de Huamanga	42		11,338
Regularizados o en proceso			1,84 16.2%

1/ En su mayoría ubicados en zona de riesgo

Notas: El año de ocupación es aproximado.

Fuente: COFOPRI, Municipalidades Distritales y Municipalidad Provincial de Ayacucho

Elaboración: ETPDUA 2008

En las zonas periféricas de la provincia, se están ocupando progresivamente (Mollepata, Quicapata y Yanama), donde ya se están instalando los servicios de luz y agua.

En el distrito de San Juan Bautista se cuenta con la zona Este (Canaan Bajo y Yanamilla), y mucho más hacia el Sur, la zona de Huatatas - ya perteneciente al distrito de Tambillo; mientras que en el distrito de Jesús Nazareno la geografía impone sus limitaciones.

Si no se planifica y se realiza un control del crecimiento de la ciudad ésta seguirá creciendo de manera desordenada y seguirán ocupándose zonas de riesgo, continuará la deforestación con pérdidas de huertos y plantaciones, agudizándose la contaminación ambiental. El crecimiento también significará

mayor demanda de servicios básicos, de educación, salud, y trabajo entre otras necesidades. (Municipalidad Provincial de Ayacucho, 2008)

De los cuatro distritos que conforman la Ciudad de Huamanga, los que han incrementado mayor número de población en los últimos años son Ayacucho y San Juan Bautista, sin embargo, el distrito de Carmen Alto ha tenido un crecimiento importante al haber casi duplicado el tamaño de su población en ese mismo período.

Tabla 2.2: Crecimiento de la población al año 2005

Distrito	2005	1993	Diferencia	% incremento
Ayacucho	95,180	78,072	17,108	22
Carmen Alto	15,148	7,735	7,413	96
San Juan Bautista	36,928	20,111	16,817	84
Jesús Nazareno (1)	14,330	0	14,330	0
Total	161,586	105,918	55,668	53

(1) El distrito de Jesús Nazareno se crea el año 2000.

Fuente: Instituto Nacional de Estadística. Censos 2005.

Elaboración: ETPDUA 2008

En Jesús Nazareno existe una tendencia de ocupar la Quebrada de Puracuti considerada zona de riesgo por la cercanía a las Lagunas de Oxidación donde se encuentra la Planta de Tratamiento de Aguas Servidas, y por ser una quebrada natural hacia donde se canalizan las aguas de lluvias. En Carmen Alto se están ocupando de manera progresiva terrenos de la Comunidad de Quicapata.

El año 2003 el Instituto Nacional de Defensa Civil INDECI elaboró un Estudio de Prevención ante Desastres para la Ciudad de Huamanga, son 11, las zonas más vulnerables son el Cerro La Picota, y la zona de Quicapata

(diatomita que se expande con la humedad, puede generar hundimiento). Otra zona de riesgo es el área adyacente a la Quebrada Puracutí. Parte de la Quebrada Yanaccacca en la zona norte ha sido rellenada parcialmente sin compactar adecuadamente el terreno. La mejor zona se ubica en Carmen Alto.

En el distrito de Ayacucho, se continua ocupando el cerro La Picota, donde ha habido casos de derrumbe de muros de contención construidos con tapial, a pesar de no haber acontecidos lluvias o sismos. Existe mucha informalidad y poca conciencia de los riesgos para la ocupación del suelo.

2.3. La teledetección y sus aplicaciones: El caso particular de los estudios urbanos

La Teledetección desde satélite, es aquella técnica que nos permite obtener información a distancia de los objetos situados sobre la superficie terrestre, cuenta con numerosas aplicaciones, gracias a las ventajas que ofrece frente a otros medios de observación más convencionales (Chuvieco, 1996).

En las últimas décadas la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se han convertido en recursos muy útiles para la gestión y ordenamiento de los territorios, además la información proveniente de sensores remotos, concretamente las imágenes de satélite, poseen un valor científico potencial para los investigadores de distintas áreas, entre ellos se puede mencionar la utilidad para el estudio de la dinámica urbana.

Si nos dedicamos a exponer brevemente los antecedentes en este tipo de estudios a partir de sensores remotos podríamos remontarnos a la época en que eran indispensables las fotografías aéreas. Los estudios realizados a partir de ellas están dirigidos básicamente hacia la morfología y comportamiento urbano o de cobertura del suelo en general. La información proporcionada por las fotografías aéreas a pesar de presentar numerosas ventajas como una alta resolución espacial, velocidad en la obtención de información para un área dada, entre otras; también presenta limitaciones como una débil cobertura espacial, el fatigoso tratamiento visual, los errores geométricos introducidos por la perspectiva cónica y el complejo procedimiento de trasladar la información al plano, además de que el trabajo resultaba costoso y a veces se establecía una diferencia temporal importante entre la fecha de adquisición de la fotografía y la publicación del trabajo. Esto alentó a que se buscaran nuevas alternativas. (Zuleima, 2005).

La utilización de sensores espaciales en aplicaciones terrestres comienza en 1972 con el lanzamiento del primer satélite de la serie ERTS, precursor del satélite Landsat, y específicamente a través del sensor MSS que posee una resolución espacial de 79 x 57 metros y cuatro bandas espectrales. A partir de 1984 se han utilizado los datos provenientes del sensor TM que posee una resolución espacial de 30x30 metros y siete bandas espectrales; desde 1986, los datos provenientes del satélite francés SPOT, cuya resolución espacial en modo multiespectral es de 20x20 metros y en modo pancromático de 10x10 metros y, recientemente (años 1999-2000), los datos

del sensor ETM de la serie Landsat que incorpora una banda pancromática de 15 x 15 metros y los datos del satélite IKONOS que posee 4 bandas en modo multiespectral con resolución de 4 x 4 metros, y una banda pancromática de 1 x 1 metro de resolución. Los últimos satélites de alta resolución espacial son el Quinck Bird y también el Geo Eye, ambos con detalle de información submétrica en el canal pancromático.

A partir de 1999, con la liberación tecnológica promovida en 1994 por el gobierno de los Estados Unidos de América, comienzan a ser utilizadas, en el campo de las aplicaciones urbanas imágenes satelitales provenientes de numerosos satélites como los de la serie Landsat, SPOT, etc.

Según Zuleima (2005) son varias las razones que pueden justificar el empleo de imágenes satelitales en los estudios urbanos y son:

- Posibilidad de actualizar información en cortos períodos de tiempo.
- Al aparecer en un formato digital el tratamiento que se realice es más ágil y rápido.
- La información es más barata y asequible, además hoy podemos obtenerlas a través de páginas web de manera gratuita.
- Al ser automatizados los procesos, hay más objetividad en los tratamientos.

- Da la posibilidad de comparar con otros ámbitos, pues el mismo sensor proporciona información similar sobre otras ciudades.
- Permite crear nueva información dado su carácter multispectral, lo cual no es posible en otros documentos (fotografías aéreas o mapas).

Debido a estos beneficios el análisis de las características urbanas, mediante el empleo de imágenes satelitales, se vuelve más fácil ya que se logra tener una visión general de las mismas y a diferentes escalas. El análisis además puede ser de carácter multitemporal, es decir estudiar el fenómeno en distintos momentos y establecer comparaciones ya que los satélites poseen cobertura global y periódica y una visión amplia que permite detectar grandes espacios.

Otra ventaja es la de contar con la información, es de decir con la imagen en formato digital, lo cual facilita el trabajo, ya que el análisis digital de la imagen agiliza el proceso de interpretación, con una alta precisión.

En particular para este estudio, como antecedentes, constituyen diversos trabajos en donde emplean indicadores obtenidos de imágenes satelitales, estos abarcan: 1) Determinación y caracterización de clima e islas de calor urbano (Yuan & Bauer, 2007; Wong & Yu, 2005; Rosenzweig et al., 2005); 2) clasificación de uso del suelo (Dousset & Gourmelon, 2003; Buyantuyev, 2007), 3) crecimiento urbano (Weng, 2001), 4) densidad de población (Li &

Weng, 2005) y 5) evaluación de calidad y sostenibilidad ambientales (Romero & Vásquez, 2005; Fung & Siu, 2000).

Desde el punto de vista de las técnicas de tratamiento de las imágenes, las investigaciones han concentrado en índices o indicadores que muestran el estado y distribución de la vegetación y de las áreas construidas; siendo el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) y la temperatura de superficie (TS) las más usadas.

CAPITULO III

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación de la región Ayacucho

La geografía del Perú es compleja y diversa. Su territorio abarca tres grandes regiones naturales: la Costa, junto al Océano Pacífico; la Sierra, que está rodeada de las montañas andinas; y, la Selva, que está ubicada en las frondosas selvas de la Amazonia peruana.

El Perú está organizado en 24 departamentos o regiones administrativas y una provincia constitucional llamada Callao que se constituye en el puerto más importante del país (Ilustración 3.1). Una provincia es la unidad de la subdivisión administrativa inferior a una región (anteriormente denominado departamento). Una provincia se halla subdividida en distritos. En la actualidad la totalidad de las provincias es de 195 y los distritos 1838.

Ayacucho se localiza en los Andes peruanos, ubicado, precisamente, en la zona Centro Sur Andina, en el área meridional de los Andes, a 2.746 m.s.n.m., entre los paralelos 12°07'30" y 15°37'00" Latitud Sur y los meridianos 72°50'19" y 75°07'00" Longitud Oeste. Limita por el Norte con la región Junín, por el Sur con Arequipa, por el Este con Cusco y Apurímac; y por el Oeste con las regiones Huancavelica e Ica.

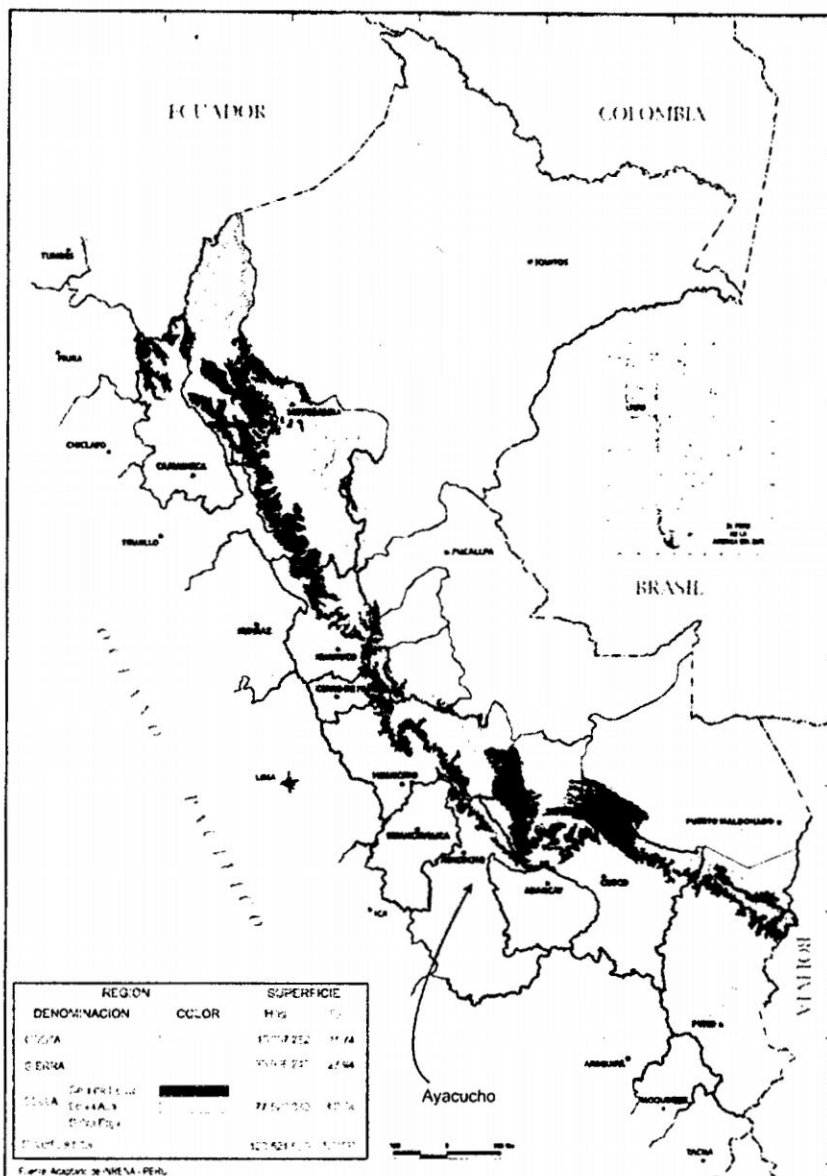


Ilustración 3.1: Mapa político de la República del Perú. Fuente: Adaptado de INRENA.

Ayacucho, políticamente se encuentra dividida en 11 provincias, 111 distritos, 1.375 caseríos, 855 anexos, 454 comunidades campesinas y 87.265 unidades agropecuarias. Su capital es la Ciudad de Huamanga (antigua ciudad de Huamanga), fundada el 25 de abril de 1540. Tiene una superficie

total de 43.814,80 km², que representa el 3,5% de la superficie nacional, siendo la octava región en orden de superficie territorial de la cual el 88,7% corresponde a la sierra y el 11,3% a la ceja de selva. Debido a su continentalidad su territorio se halla principalmente en la región Quechua o Sierra (zona de clima templado ubicada entre los 2.300 y 3.500 m.s.n.m.), Rupa Rupa o Selva alta (situada en el flanco oriental de los Andes y se extiende desde los 1.400 hasta los 400 m.s.n.m), Suni (se ubica entre los 3.400 y 3.800 m.s.n.m.), Puna o Jalca (presenta clima frío típico de zonas de montaña, ubicada entre 3.500 y 3.900 m.s.n.m.). En el mapa que se muestra abajo se ilustra el departamento de Ayacucho y se señala la provincia que constituye el área del presente estudio.

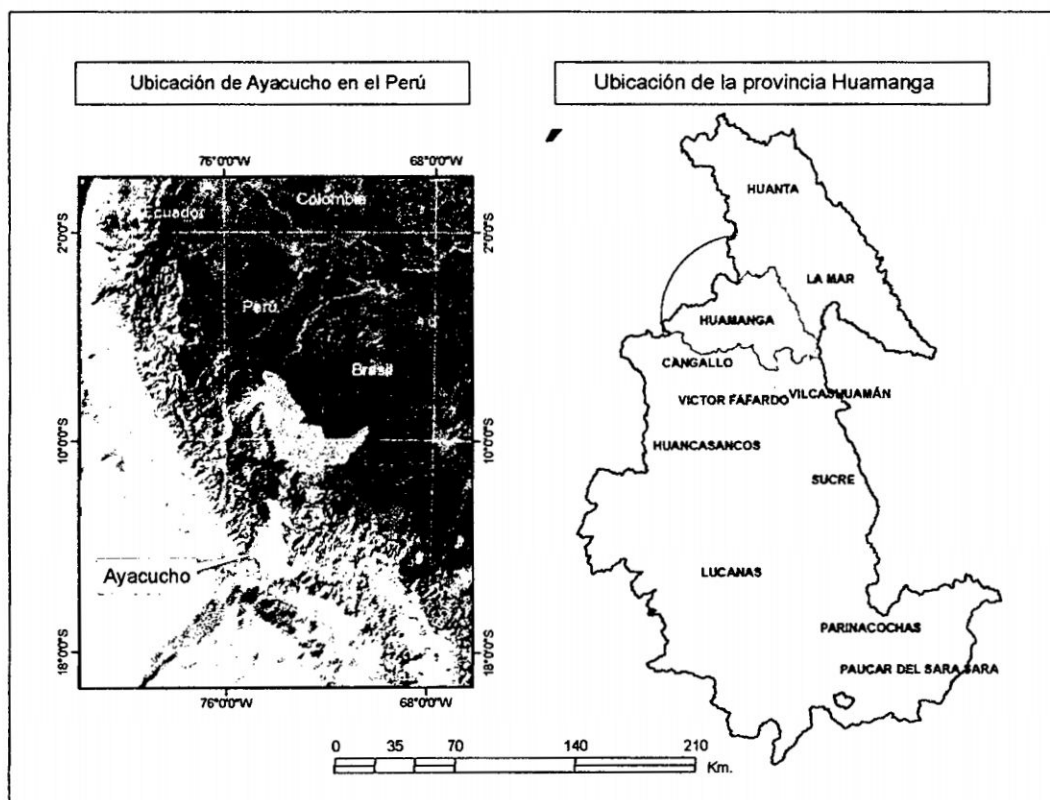


Ilustración 3.2: Mapa político de la Ciudad de Huamanga. Fuente: Elaboración propia.

3.2. Localización del área de estudio

La capital de la Ciudad de Huamanga que comprende los distritos de Ayacucho, Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús Nazareno, Se encuentra situada en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes a una altitud de 2,774 m.s.n.m., Latitud Sur: 13°08'51" y Longitud Oeste: 74°13'06". La Ciudad de Huamanga limita por el por el Noroeste con la provincia de Angaraes, del departamento de Huancavelica; Norte con la provincia de Angaraes, del departamento de Huancavelica, y la provincia de Huanta; por el Noreste con la provincia de la mar; por el Este con la provincia de Chincheros, del departamento de Apurímac ; por el Sur con las provincias de Vilcashuamán y Cangallo; por el Suroeste con la provincia de Cangallo y con la provincia de Huaytará, del departamento de Huancavelica;. El mapa de los 4 distritos de la ciudad de Huamanga se muestra en la Ilustración 3.3.

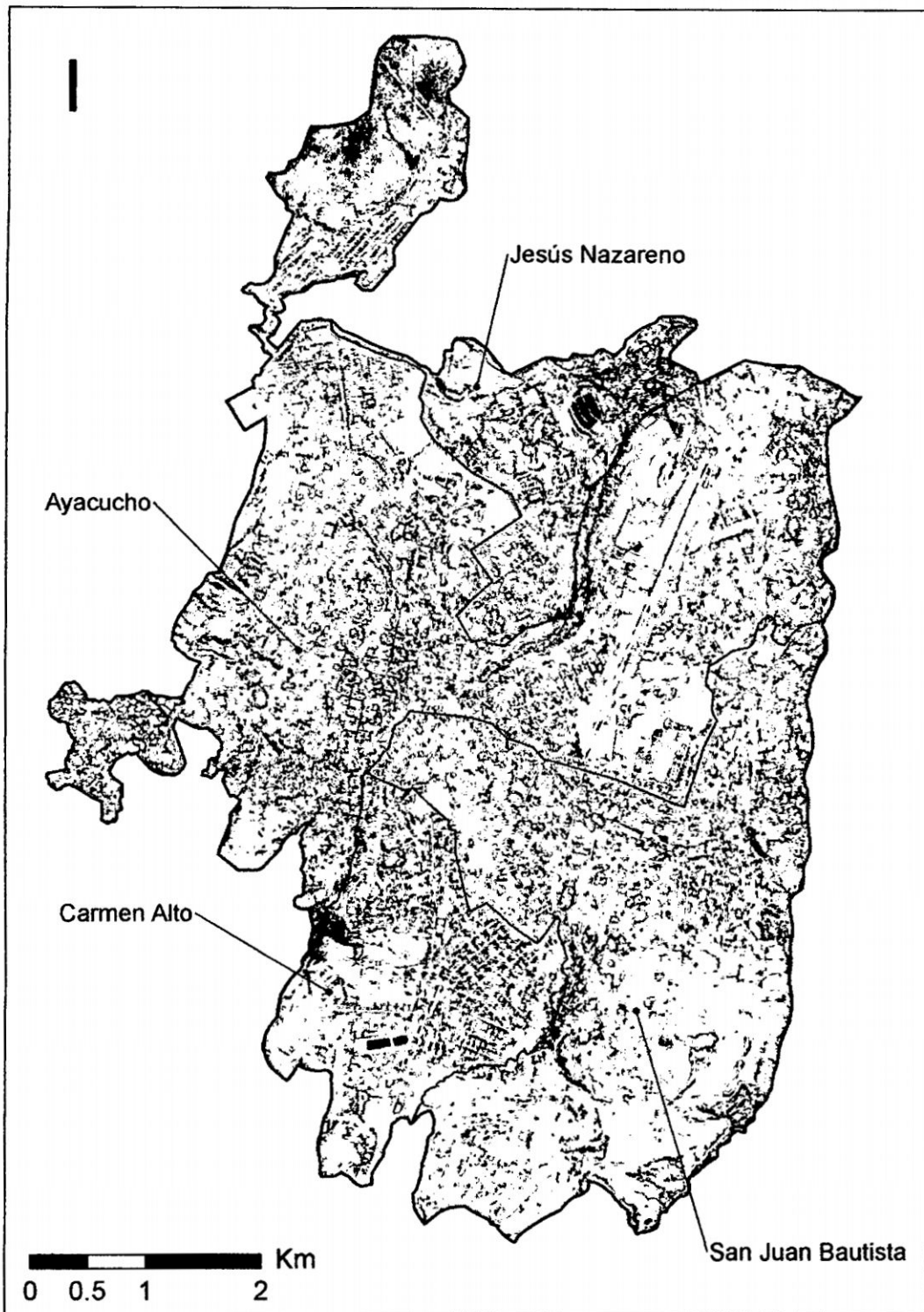


Ilustración 3.3: Mapa de los distritos de la Ciudad de Huamanga. Fuente: Elaboración propia.

3.3. Caracterización del área de estudio

3.3.1. Clima

El departamento, atravesado de Sur a Norte por la Cordillera de los Andes, tiene características climatológicas variadas en cuanto a latitud y altitud, presentándose áreas bastante secas -como Huamanga-, áreas húmedas - como en la margen izquierda del Río Apurímac- e, inclusive, áreas con características de Selva Alta (GRA,2011).

Ayacucho tiene una moderada o baja humedad relativa, con variaciones anuales que en total sólo llegan a 553,7 mm, lo que hace que se considere su mejor proporción de pluviosidad media, presentándose pequeños bolsones pluviales en Huanta y La Mar, los mismos que influyen en el ciclo vital de las plantas. En general, la atmósfera es seca, produciéndose un calentamiento del suelo y del aire, lo que produce baja presión y ascensión de una corriente conectiva que eleva las gotas de agua y las solidifica, produciendo ocasionales granizadas, que afectan los cultivos, o heladas, que queman las sementeras.

Las fuertes precipitaciones pluviales en algunos meses del año, producen una fuerte erosión en tierras de ladera y pendientes, lo que transporta la tierra de cultivo hacia los ríos, bajando la productividad del suelo.

En el departamento se identifican los siguientes tipos de clima, según la clasificación de Köppen:

- *Clima de desierto*: corresponde a áreas ubicadas al sur oeste del departamento (parte de Lucanas y Parinacochas), en los límites con Ica y Arequipa, donde prácticamente no se presentan precipitaciones pluviales.
- *Clima de estepa*: se encuentra en una faja angosta y zigzagueante, comprendiendo parte de Parinacochas y Lucanas, en el sur, y Huanta, Huamanga y La Mar, en el norte del departamento; las lluvias se dan de noviembre a marzo.
- *Clima frío (boreal)*: comprende zonas ondulantes de Parinacochas, ensanchándose al noroeste de Lucanas y parte de Víctor Fajardo, Cangallo, La Mar y Huanta.
- *Clima de sabana*: este clima comprende las áreas del valle del Río Apurímac en la Selva Alta, superando la precipitación pluvial anual los 750 mm, con una temperatura media anual superior a los 18°C.
- *Clima de temperatura seca - alto montano*: es el clima que predomina en el ámbito departamental y comprende zonas entre los 3000 y 4000 m.s.n.m. abarcando gran proporción de Lucanas y medianamente las provincias de Parinacochas, Huamanga y Cangallo (en Torres, 2001).

3.3.2. Fisiografía

La Ciudad de Huamanga es variada y la topografía accidentada; presentando heterogeneidad del medio natural, que desde la perspectiva de la población que se sitúa en los alrededores de los distritos, en lugar de ser limitantes, son condiciones potenciales para la adaptación de la agricultura y

la conservación de la agrobiodiversidad que genera la alimentación y brinda una calidad ambiental a la Ciudad de Huamanga (GRA, 2011).

3.3.3. Hidrografía

En cuanto a la hidrografía, en la Región se encuentran dos vertientes, del Pacífico y el Atlántico son de marcada diferencia. Esta variación está condicionada a la presencia de la Cordillera de los Andes, la Corriente Peruana y el Anticlinal Subtropical del Pacífico Sur. Mientras que la precipitación en la zona norte de la Región que corresponde a la vertiente del Atlántico es mayor, en la zona sur que corresponde a la vertiente del Pacífico es escaso, produciéndose años de sequía.

La red hidrográfica de la Región Ayacucho fluye a dos vertientes: la del Pacífico y la del Atlántico; comprendiendo 8 cuencas principales (Pampas, Mantaro Apurímac, Ocoña, Grande, Yauca, Acarí, Chala); 1 intercuenca (Santa Lucía) y 3 cuencas de poca significación por su área (Ene, Caravelí, Cháparra).

Ayacucho geográficamente posee diferentes pisos ecológicos, siendo su mayor desarrollo agrícola en la parte norte, identificando el sur como un sector eminentemente pecuario.

Ayacucho se encuentra en la 5ta. Zona Agroecológica del Perú, tipificada como Sierra Tropical Media Alta con vocación en cultivos en limpio de cereales y la producción de pastos.

3.3.4. Geomorfología

Entre los procesos tectónicos que han controlado el modelado tenemos el fallamiento muy probablemente en bloques, que han dado origen a la cuenca Ayacucho así como también a los diversos plegamientos existentes; aunado a esto tenemos la intensa erosión causada por los diversos ríos y quebradas existentes, y la litología de las diversas unidades estratigráficas que han dado la configuración actual del relieve; pudiendo diferenciarse la siguiente unidad: Pinillanuras disectada y cursos de quebradas.

Pinillanuras disectada: Son relieves subhorizontales desarrollados entre los 2,700 a 3,500 m.s.n.m. Los cuales se hallan surcados con numerosos quebradas y ríos; están conformados por llanuras como de la Ciudad de Huamanga y alrededores, el aeropuerto, los distritos de Pacaycasa, la quinua, Acocro y Acosvinchos, esta unidad se halla predominante modelada sobre la formación Ayacucho, la cual debido a la litología mayormente volcano-sedimentaria al erosionarse da superficie aborregadas. (GRA, 2011)

3.3.5. Ecología

Desde el punto de vista ecológico corresponde a la formación vegetal denominada «Bosque seco montano bajo». La cuenca no es muy amplia, está limitada por los contrafuertes de los Andes, cuyos cerros rodean la ciudad y no son muy altos. En estas condiciones de topografía se dan la irradiación, la formación de nubes y lluvias, que en conjunto hacen el clima de Ayacucho. (GRA, 2011)

3.3.6. Uso de suelos

Uso inapropiado de espacios públicos

Área de protección ambiental y vías que garantizan la evacuación de las aguas de lluvias y cortinas arbóreas que protejan el medio ambiente considerando la cercanía de la Planta de tratamiento de aguas servidas, las que fueron lotizados para la zonificación de expansión urbana por la Municipalidad Jesús Nazareno (con Oficio No. 0876-2008-MDJN/A de fecha 19 de diciembre del 2008).

Uso intensivo de la vía pública tanto por los comerciantes mayoristas que realizan la labor de carga y descarga de mercadería en varios puntos de la ciudad, como los pequeños negocios de talleres mecánicos, carpintería metálica y otros, que laboran en plena vía pública.

El comercio informal en las calles, principalmente en la zona central de la ciudad y alrededor de los mercados restringe el uso adecuado de espacios públicos para la población, generando además la acumulación de basura en la vía pública.

La contaminación urbana elevada debido a la emanación de gases sobre el Poblado ya que el 70% vehículos que prestan servicio público de transporte se encuentran en estado de obsolescencia que ya ha cumplido su periodo de vida útil. El parque automotor a punto de colapso.

La existencia de mataderos informales, a pesar de contar con un Camal en la zona de Huata tas que cuenta con las condiciones de higiene y la licencia

de la entidad competente como es DIGESA. (Municipalidad Provincial de Ayacucho, 2008).

Ocupación del suelo en zonas no aptas para vivienda

La zona urbana actualmente ocupada por el distrito de Ayacucho está atravesada por el Río Alameda y cuatro quebradas hacia el lado oeste de la ciudad. La zona de las quebradas y el Río está clasificada como zona altamente peligrosa. Sin embargo, en algunos tramos está ocupada por viviendas.

En la ciudad hay 12 sectores críticos clasificados como zonas de Riesgo Muy Alto a Alto, de los cuales 3 se localizan en el distrito de San Juan Bautista (Quebrada Chaquihuaycco, Alameda-Puente Nuevo, Laderas Huatatas), las cuales son:

Sector I: Quebrada Chaquihuaycco: Compromete Zona ubicada sobre ambas márgenes de la quebrada Chaquihuaycco y la quebrada Chupas.

Sector II: Río Alameda–Huanchito: Compromete Zona ubicada sobre ambas márgenes del río Alameda antes de su paso por la denominada Alameda Bolognesi.

Sector III: Santa Ana–Isachayocc: Compromete Zonas ubicadas sobre ambas márgenes de los ramales de la quebrada Pilacucho a su paso por el Barrio Pilacucho, Pueblo Joven La Unión y Puca Cruz.

Sector IV: Arroyo Seco: Compromete Zona sobre ambas márgenes de la quebrada Pilacucho en el tramo denominado Arroyo Seco que comprende

un tramo poco antes de su confluencia con el río Alameda; que en la actualidad se encuentra encauzado con muros de concreto.

Sector V: Río Alameda - Puente Nuevo: Compromete Zona sobre ambas márgenes del río Alameda en su paso como conducto cerrado que se sucede entre el Puente Tenería y poco antes del Puente San Sebastián; al cual se le denomina Puente Nuevo.

Sector VI: Quebrada Yanaccacca: Compromete Zona ubicada sobre ambas márgenes de la quebrada Yanaccacca desde su nacimiento en el cerro "La Picota" hasta su entrega al río Alameda por su margen izquierda; por lo que a su paso cruza los sectores siguientes: Alto Perú, PPJJ. La Libertad, Asociación 16 de Abril, Asociación María Parado de Bellido, C.E. Guamán Poma de Ayala, Centro Este y San Sebastián. En su recorrido la quebrada ha sido encauzada hasta el Puente ubicado sobre el Jr. Libertad y de aquí hasta el río Alameda en su mayor parte se encuentra encauzada por los propios muros de las edificaciones que se han asentado prácticamente sobre el cauce antiguo de la quebrada.

Sector VII: Quebrada Escarcena: Compromete a la zona ubicada sobre ambas márgenes del curso antiguo de la quebrada Escarcena desde su nacimiento en el cerro "La Picota" hasta su entrega al río Alameda, cerca de la salida a Huanta, por su margen izquierda; por lo que a su paso cruza los sectores siguientes: Asociación 1 de Junio, Wari Accopampa, Los Licenciados, Luis Carranza, Casa del Campesino, INC Ayacucho, Módulos UNCH, Estadio Mariscal Cáceres, Residencia Universitaria UNSCH y vía de

salida a Huanta. En su recorrido la quebrada ha sido encauzada desde Wari Accopampa para luego ser derivada mediante una canalización artificial sobre la Av. Pérez de Cuellar hasta la quebrada Puracuti, por lo que entre esta Av. y la Residencia Universitaria UNSCH, el cauce antiguo de la quebrada ha sido tapado artificialmente con material de relleno sobre el cual se encuentran construidas algunas edificaciones. Desde la Residencia hasta su entrega al río Alameda por la zona de salida a Huanta, la quebrada no se encuentra encauzada y cruza edificaciones construidas prácticamente sobre su cauce antiguo; sólo al final, el curso natural ha sido encauzado mediante un conducto cubierto de escasas dimensiones por lo que frecuentemente se presentan en este Sector inundaciones de agua por obstrucción del conducto debido a colmatación de sedimentos.

Sector VIII: La Picota – Zona Sur: Compromete a los Sectores ubicados sobre las laderas bajas a medias del cerro “La Picota” desde el PPJJ Yurac Yurac, pasando por Pueblo Libre, Alto Perú, Los Pinos, Señor de la Picota hasta Wari Accopampa, ubicado hacia el Norte.

Sector IX: La Picota – Zona Norte: Compromete a los Sectores ubicados sobre las laderas bajas a medias de la zona norte del cerro “La Picota” que comprenden el AAHH Los Artesanos, AAHH San Pelaez, Asociaciones Jesús Nazareno, María Magdalena, Santa Teresa y Los Olivos, entre las más importantes.

Sector X: Laderas Enace: Compromete a los Sectores ubicados sobre las laderas altas a medias del cauce profundo de la quebrada Puracuti que

comprenden el AAHH Los Artesanos, Asociaciones Las Rosas, Sr. de los Milagros, entre las más importantes.

Sector XI: Laderas Totorilla: Compromete a los Sectores ubicados sobre las laderas altas a medias del cauce profundo del río Alameda que comprenden a Asentamientos Humanos recientemente asentados sobre estas zonas.

Sector XII: Laderas Huatatas: Compromete a los Sectores ubicados sobre las laderas altas a medias del cauce profundo del río Huatatas que comprenden a Asentamientos Humanos recientemente asentados sobre estas zonas. (Municipalidad Provincial de Ayacucho, 2008).

Uso de suelo para recreación y áreas verdes

El área de recreación comprendida principalmente por losas deportivas y estadios donde se practican actividades deportivas. Respecto a la recreación pasiva en la ciudad existen áreas destinadas a parques pero muchas de éstas no se encuentran habilitadas.

El Centro Histórico, el distrito de Jesús Nazareno y las zonas marginales en los distritos de Ayacucho, Carmen Alto y San Juan Bautista, son las zonas que tienen menor cantidad de parques públicos y áreas verdes para recreación pasiva.

La recreación extraurbana se desarrolla en algunas zonas de las riberas del Río Huatatas, y en la zona de Muyurina hacia el noreste de la ciudad, hasta donde se desplazan las familias en busca de esparcimiento en contacto con la naturaleza. Otras zonas adonde se moviliza la población con fines de paseo y descanso son los distritos de Huanta y Quinoa.

Respecto a los parques y áreas verdes en la ciudad, según la subgerencia de Saneamiento Ambiental de la Municipalidad Provincial de Huamanga a 2008, se cuenta con 76 zonas de áreas verdes localizadas en parques públicos principalmente en las zonas de urbanizaciones. La Municipalidad de San Juan Bautista reporta la existencia de cinco parques habilitados con áreas verdes, contando con aproximadamente seis avenidas que tienen arborización.

El diseño y pavimentación de las calles, no siempre se reserva espacios para áreas verdes, lo que es un indicador de la falta de conocimiento o la poca importancia que se da a la necesidad de las áreas verdes para la ciudad. Respecto a los programas de arborización, se observa que se plantan árboles pero al no tener un tamaño regular (menos de dos metros), muchas veces son extraídos cuando recién se siembran.

Actualmente no se utilizan técnicas de riego que permitan ahorrar agua y el servicio de mantenimiento se encarece en las épocas del año donde el agua escasea. PRONAMACHS utilizando el eucalipto con fines de arborización, sin embargo no es una especie idónea para la zona ya que toma agua del subsuelo incidiendo en la baja del nivel de la napa freática.

Teniendo como referencia la densidad de áreas verdes por habitante recomendada por la Organización Mundial de la Salud, un habitante debe contar de 8 – 10 m² de área verde. En el caso de la Ciudad de Huamanga se estima un promedio de 1.34 m² de área verde en parques públicos y vías, con un déficit de aproximadamente 6.68 m² por habitante, tal como se

aprecia en el cuadro a continuación. (Municipalidad provincial de Ayacucho, 2008).

Tabla 3.1: Déficit de áreas verdes - 2008

Distrito	Área verde (m2)	Población	Área verde m2/hab.	Déficit m2/hab.
Ayacucho	138.623,00	95.180	146	854
San Juan Bautista	13.972,63	36.928	38	962
Carmen Alto	30.316,16	15.148	200	800
Jesús Nazareno	13.972,63	14.330	98	920
Total	196.884,42	161.586	122	878

Elaboración: ETPDUA 2008

3.3.7. Vegetación

La composición vegetal predominantemente lo constituye pastizales naturales, bajo la denominación de praderas alto andinas. Estas áreas presentan condiciones especiales en suelo, agua y vegetación resultante de la combinación de factores edáficos, climáticos y topográficos, significativamente diferentes en las áreas adyacentes.

Con respecto a la vegetación existente dentro de las aéreas que ocupan las familias, va desde hortalizas, plantas ornamentales hasta la forestación de árboles, arbustos y frutales son conservados gracias al esfuerzo de las familias que han migrado a las zonas peri urbanas de la Ciudad de Huamanga, que son los principales actores de la conservación de la vegetación.

3.3.8. Situación socioeconómica y cultural

3.3.8.1. Población

a) Densidad poblacional

El crecimiento urbano de la Ciudad de Huamanga se produce por el crecimiento del distrito de Ayacucho y de los distritos vecinos, que han ido aumentando su densidad concentrándose en los alrededores del Centro Histórico de la ciudad, habiendo originado un crecimiento radiocéntrico de la misma. En los últimos 24 años se puede observar el incremento de la densificación, principalmente en el distrito San Juan Bautista, como se muestra en las siguientes tablas:

Tabla 3.2: Evolución de densidad poblacional 1981-1993-2005

Población	Ayacucho	Carmen Alto	San Juan Bautista	Jesús Nazareno
1981	557	256	604	0
1993	923	461	1098	0
2005	1136	832	1982	856

Fuente: Censos Nacionales de Población y Vivienda 2005. INEI.

Tabla 3.3: Densidad poblacional por distrito- 2005

Distrito	Superficie urbana Km2		Población Distrital Urbana y Rural	Densidad poblacional
Ayacucho	13.553	16%	96939	7152
Carmen Alto	3.718	20%	16080	4325
San Juan Bautista	5.162	27%	37083	7187
Jesús Nazareno	1.740	11%	15248	8763

Fuente: INEI. Ayacucho compendio estadístico 2006. Elaboración: ETPDUA 2008.

En los últimos 12 años se observa que existe mayor incremento de la población, en términos absolutos, en los distritos de San Juan Bautista y Ayacucho. La Ciudad de Huamanga sigue creciendo en zonas no aptas para

uso urbano y continúa la ocupación no planificada, limitando la reserva de áreas para equipamiento urbano que permitan satisfacer la demanda de la población.

Si bien no se ha incrementado el ritmo de crecimiento de la ciudad, respecto al anterior período intercensal, se observa la creciente demanda de servicios y la ocupación horizontal principalmente en la zona sur de la ciudad. La población del distrito de Carmen Alto casi se ha duplicado (período intercensal 1993-2005), mientras que Ayacucho conjuntamente con Jesús Nazareno crecen un 40%, tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro.

Tabla 3.4: Población de la Ciudad de Huamanga según distrito - 2005.

Distrito	Nº de Habitantes CENSO 1993	Nº de Habitantes CENSO 2005
1. Ayacucho	78,072	95,180
2. Carmen Alto	7,735	15,148
3. San Juan Bautista	20,111	36,928
4. Jesús Nazareno	0	14,330
Total	105,918	161,586

El distrito de Jesús Nazarena fue creado el 6 de junio del año 2000.
Fuente: Censos de Población y vivienda 1993 y 2005. INEI.

b) Dinámica poblacional

En este aspecto la historia de la migración, en términos significativos, en Ayacucho comenzó a inicios de la década del 60 y ésta ha continuado en los siguientes años. Durante la década del 80, la migración se ha intensificado y adquiere un carácter compulsivo, debido a la violencia sociopolítica que obligó a miles de campesinos abandonar sus pueblos para dirigirse a la ciudad, convirtiendo a ésta en un espacio de refugio y protección. Los

distritos Ayacucho, San Juan Bautista y Carmen Alto recibieron el mayor porcentaje de los migrantes que se ubicaron por la periferia y allí están los bolsones de pobreza de la ciudad.

En la actualidad, la Ciudad de Huamanga constituye un polo de atracción para la población rural, las provincias y regiones vecinas como Apurímac y Huancavelica, principalmente por las siguientes consideraciones:

- Los servicios que prestan los hospitales y las instituciones educativas como la Universidad y centros de formación pedagógica y tecnológica atraen a cientos de jóvenes y personas de toda edad por necesidad de salud.
- Las posibilidades comerciales.
- Escasas posibilidades de ascenso social y económico en zonas rurales, que terminan expulsando a buena cantidad de jóvenes ávidos por forjar un mejor futuro.
- El poco avance de las políticas de inversión y capitalización de las zonas rurales.
- El modelo de educación básica que prepara a los alumnos para ser futuros migrantes.

La migración seguirá constituyendo un problema y posibilidad para la ciudad. Es problema cuando a mayor cantidad de población en la ciudad las posibilidades de encontrar un puesto de trabajo se reducen, la vivienda y los servicios básicos igualmente resultan insuficientes y frente a ello una parte de los migrantes resolverán la falta de vivienda con invasiones de tierras

eriazas, de zonas intangibles (zonas arqueológicas, de protección ecológica, agrícola y zonas de riesgo), como ocurrió con los asentamientos de Covadonga, Ñahuinpuquio, los Warpapas, por citar los más emblemáticos que se asentaron sobre zonas arqueológicas pertenecientes a las culturas Warpay Wari. (Municipalidad de Ayacucho, 2008)

3.3.8.2. Aspectos económicos productivos

La economía de la Ciudad de Huamanga se sustenta básicamente en el sector servicios (comercio, servicios gubernamentales, transportes y comunicaciones, otros servicios), el cual aporta 55.3% al valor agregado bruto de la producción total de la provincia, como se muestra en el siguiente tabla:

Tabla 3.5: Tendencia del Valor Agregado Bruto por sectores económicos 2004-2006

Sector/ Año	2004	2005	2006
Primaria	16.6	17.5	20
Secundario	23.6	24.1	24.7
Terciario	59.6	58.4	55.3

Fuente: Resumen Estadístico 2007 y Compendios INEI.
Elaboración: ETPDUA 2008

El sector primario representado por la producción agrícola y pecuaria.

El sector secundario, representado por la industria y la artesanía.

El sector terciario, representado por el comercio, servicios gubernamentales, transportes y comunicaciones, otros servicios

La distribución de la PEA en la Ciudad de Huamanga según fuentes del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, para el año 2005, se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.6: La distribución de la Población Económicamente Activa (PEA) en la Ciudad de Huamanga, 2005.

% Población	Tipo de actividad
5.3%	Actividades extractiva
18.4%	Industria manufacturera y construcción,
26.7%	Comercio
49.7%	Servicios (servicios personales, no personales y hogares).

Fuentes del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo, año 2005.

El 42.4% de PEA ocupada de la Ciudad de Huamanga cuenta con un ingreso per cápita promedio de S/.294.9. La tasa de desempleo es de 8.4% y la tasa de subempleo es de 48.1%.

3.3.8.3. Propiedad y tenencia de recursos

Según el Censo del 2005, en la Ciudad de Huamanga hay 4.5 número de personas por vivienda.

Tabla 3.7: Viviendas particulares con ocupantes presentes por régimen de tenencia por distritos - 2005.

Distrito	Total	Propia /paga plazos/ cedida/ invasión	Alquilada	% de casa alquilada
Ayacucho	21.691	16.926	4.765	66,2
Carmen Alto	3.348	3.036	312	4,3
San Juan Bautista	8.188	6.855	1.333	18,5
Jesús Nazareno	3.305	2.519	786	10,9
Total	36.532	29.336	7.196	100

Fuente: INEI. Ayacucho compendio estadístico 2006.
Elaboración: ETPDUA 2008.

Aproximadamente el 20 % de la población vive en casa alquilada, siendo el distrito de Ayacucho donde se ubica más de la mitad de viviendas alquiladas. Si bien el alquiler de vivienda genera ingresos económicos para los dueños, para el inquilino significa restricción de muchas libertades e inestabilidad. Aquí radica parte del origen de las invasiones, pues una parte de este grupo serán los potenciales invasores. Por lo cual, se estima que ésta sería la demanda cuantitativa de vivienda.

Características físicas de la vivienda

Del total de 36,532 viviendas particulares de los cuatro distritos de Ayacucho, el 51% tienen pared de material noble, y el 49% están hechas de adobe, tapia, piedra y otros materiales precarios, con techo de teja de arcilla o calamina y piso de tierra. Esto indica en primer lugar la asociación con la pobreza y en segundo lugar las condiciones inadecuadas de habitabilidad de las viviendas. El distrito de Carmen Alto tiene el 64% de casas de adobe.

Las casas de adobe y tapia también predominan en los nuevos asentamientos humanos que se localizan en la periferia de la ciudad y parte del Centro Histórico, donde las casas y casonas son de adobe y calicanto.

3.4. Metodología

El estudio es del tipo exploratorio-descriptivo, en general, se analizan las dinámicas o el comportamiento de la calidad ambiental de la Ciudad de Huamanga durante el periodo 1986-2011.

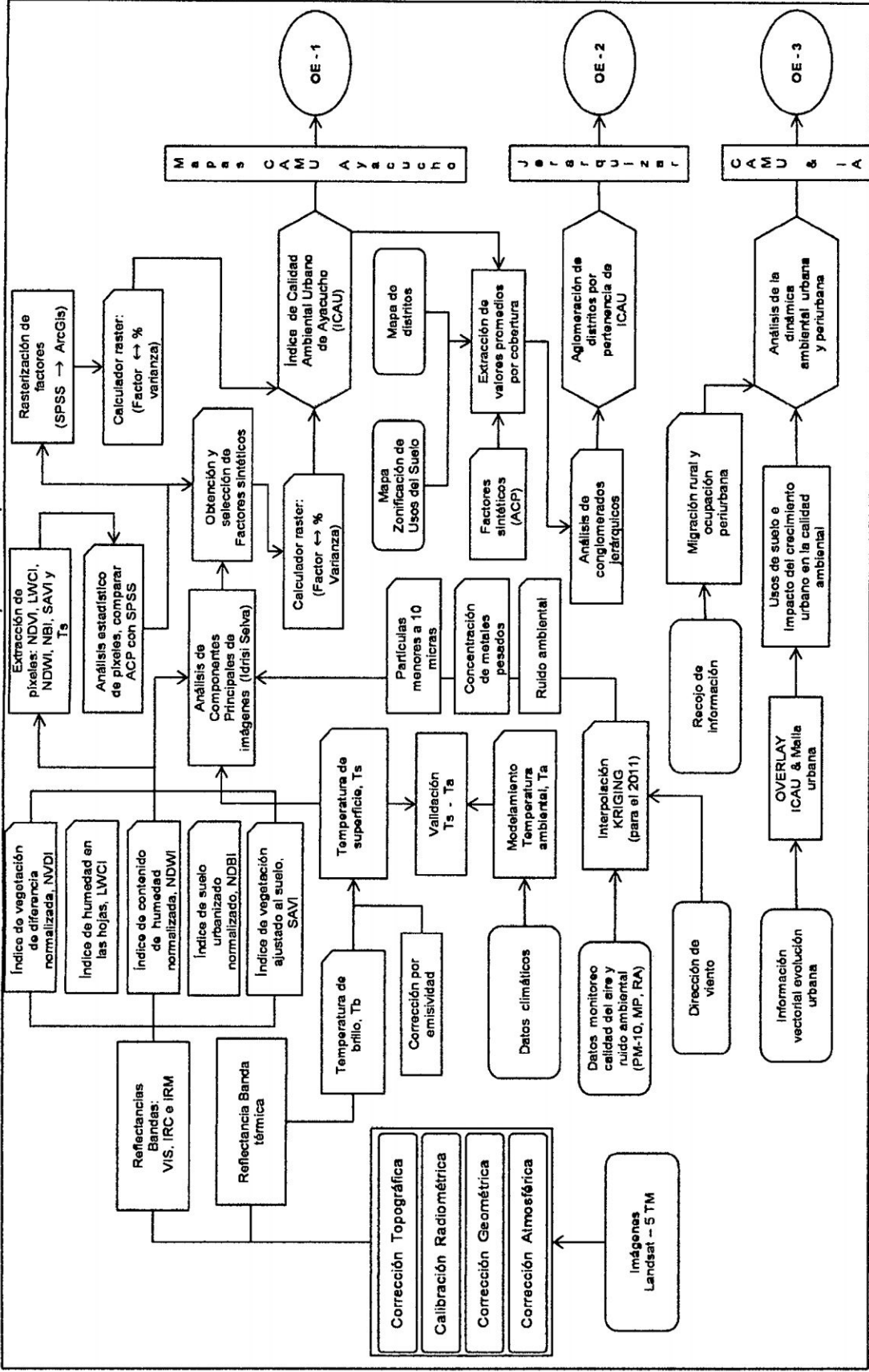
En esta sección se describe los procedimientos metodológicos a seguir, así como de los materiales a utilizar para la obtención de los resultados de la presente tesis.

3.5. Concepción y esquema de la metodología

Para el desarrollo del presente trabajo se ha tomado como adoptado el modelo ICAU, propuesto por Santana et al. (2010) y Liang & Weng (2011).

La metodología desarrollada en el presente trabajo se muestra de manera esquemática en la Ilustración 3.4.

Ilustración 3.4: Esquema metodológico desarrollado en el análisis espaciotemporal de la CAMU.



Fuente: Elaboración propia, CAMU=Calidad Ambiental Urbano; IA= impacto antrópica en la dinámica ambiental y ocupación territorial

A continuación se detalla el procedimiento adoptado para este trabajo, según lo indicado en el esquema metodológico.

3.6. Procesamiento de imágenes de satélite

3.6.1. Selección de imágenes de satélite

Se ha seleccionado imágenes del sensor *Thematic Mapper* (mapeador temático), obtenidas en forma gratuita desde la página web <http://glovis.usgs.gov/> del *UnitedStates Geological Survey* (USGS). El Landsat 5 opera en siete bandas espectrales las mismas que están diseñadas especialmente para el seguimiento de la vegetación, a excepción de la banda 7 que fue agregada para aplicaciones geológicas. El mapeador temático tiene mayor sensibilidad radiométrica que su antecesor, el MSS; asimismo, mejor resolución espacial, ya que el tamaño del píxel en todas las bandas, excepto la 6, es de 28,5 metros, aproximadamente, y una resolución temporal de 16 días. La banda 6 tiene un píxel de 120 metros en el terreno y cada imagen cubre 185x185 kilómetros. Las bandas del Landsat y el ancho son los siguientes:

- Banda 1: (0,45 a 0,52 μm - azul), útil para diferenciar entre suelo y vegetación y para clasificar distintas cubiertas boscosas, por ejemplo, coníferas y latifoliadas.

- Banda 2: (0,52 a 0,60 μm - verde), especialmente diseñada para evaluar el vigor de la vegetación sana, midiendo su pico de reflectancia (o radiancia) verde.
- Banda 3: (0,63 a 0,69 μm - rojo), es una banda de absorción de clorofila, muy útil para la clasificación de la cubierta vegetal.
- Banda 4: (0,76 a 0,90 μm - infrarrojo cercano), útil para determinar el contenido de biomasa.
- Banda 5: (1,55 a 1,75 μm - infrarrojo medio), indicativa del contenido de humedad de la vegetación y del suelo.
- Banda 6: (10,40 a 12,50 μm - infrarrojo termal), útil en el análisis de estrés en la vegetación, en la determinación de la humedad del suelo y en el mapeo termal.
- Banda 7: (2,08 a 2,35 μm - infrarrojo medio), especialmente seleccionada por su potencial para la discriminación de rocas y para el mapeo hidrotermal.

En total fueron seleccionadas tres escenas del satélite Landsat-5TM para el periodo de estudio (1986 a 2011), siendo julio el mes establecidos para el análisis espacio-temporal, por corresponder a los meses más secos del año y en los cuales la cubierta vegetal es mínima. Esto facilita identificar cambios de la vegetación y demás variables con la aplicación del Índice de Calidad Ambiental Urbano (ICAU). Operativamente, su obtención se adecua a la disponibilidad de imágenes gratuitas.

El Sistema de Referencia Mundial (*Worldwide Reference System - WRS*) es un sistema global de numeración para las imágenes Landsat. Este sistema de numeración permite al usuario obtener la ubicación de una imagen de cualquier parte del planeta obtenida por los satélites Landsat, solamente con especificar el par ordenado de la escena que está definido por el **Path** (órbita aproximada del satélite) y **Row** (centro nominal de la escena o imagen). El área urbana de la Ciudad de Huamanga abarca escenas que corresponden al **Path 05** y **Row 69**. En la Tabla 3.8 se indica las fechas a las cuales corresponden las imágenes empleadas en este trabajo.

Tabla 3.8: Fechas de adquisición de imágenes Landsat 5-TM utilizadas.

Año	1986	1999	2011
Fecha	10-julio	30-julio	15-julio

3.6.2. Tratamiento de imágenes de satélite

Los datos de radiación están almacenados en formato 8-bit, es decir, un número natural entre 0 y 255. Este número se denomina valor digital (DN). Para estudios multitemporales, en el que se deben comparar varias imágenes entre sí, el valor digital no es un buen patrón de medición de los cambios que se producen en la superficie terrestre a través del tiempo. El DN depende no sólo de las condiciones del suelo y de las plantas, sino también de la calibración del sensor, el ángulo de elevación solar, el ángulo de visión del sensor, la distancia Tierra-Sol, y las condiciones atmosféricas

en el momento de adquisición de la imagen. Por tanto, es necesario convertir el DN en un valor que tenga en cuenta la calibración del sensor y sea independiente de las condiciones de insolación y atmosféricas. Ese valor es la reflectividad de la superficie, que se ha convertido en la medida básica de los píxeles en las imágenes satelitales requerida por la mayoría de algoritmos y modelos de teledetección (Moran et al., 2001). El proceso desarrollado ha sido el siguiente.

a) Corrección atmosférica

La radiación solar recorre dos veces el espesor de la atmósfera hasta llegar al sensor del satélite. El vapor de agua y los aerosoles presentes en la atmósfera absorben y dispersan parte de esa radiación solar. La radiación que llega al sensor será, por tanto, la suma de la radiancia aportada por la dispersión de la atmósfera y la radiancia reflejada por la superficie terrestre, estando esta última atenuada por el factor de transmisividad de la atmósfera. Mediante esta corrección se pasa de reflectividad aparente (la que mide el sensor) a reflectividad de la superficie terrestre.

Para la corrección de los efectos de la composición de la atmósfera en los niveles digitales de las imágenes se ha utilizado el método propuesto por Chávez (1996), denominado corrección del histograma por sus valores mínimos (*Histogram Minimum Method*, HMM), que consiste en restar del histograma de cada banda de la imagen su valor mínimo. Se acepta que las

áreas cubiertas con materiales de fuerte absortividad (por ejemplo, el agua en la banda del azul) deberían presentar una radiancia espectral muy próxima a 0. Estos valores mínimos determinados en las imágenes utilizadas se muestran a continuación.

Tabla 3.9: Valor determinado para la sustracción del píxel oscuro.

Imágenes Landsat		Pixel oscuro / bandas espectrales					
Año	Fecha	1	2	3	4	5	7
1986	10-jul.	39	14	10	9	6	1
1999	30-jul.	34	11	10	8	7	0
2011	15-jul.	35	13	12	11	6	0

Se observa que para las bandas del espectro óptico (1-5 y 7) este ND mínimo decrece con la longitud de onda, que es lo que se espera en la dispersión *Rayleigh*.

b) Corrección geométrica

Para poder comparar las imágenes entre sí debe existir una correspondencia geométrica entre ellas y se puedan integrar con otro tipo de información geográfica. El modelo elegido para modificar la geometría de las imágenes de satélite, a partir de los puntos de control (puntos con coordenadas conocidas distribuidos en una imagen y que permiten enlazar posiciones comunes a la cartografía básica fiable) fue de tipo polinomial cuadrático, y para el remuestreo de valores de los píxeles se eligió el método del vecino más próximo (*Nearestneighbour*). Este método de remuestreo es la solución

más rápida la que supone menor transformación de los ND originales. Su principal inconveniente radica en la distorsión que introduce en rasgos lineales de la imagen (contornos, carreteras y otros accidentes naturales o artificiales), que pueden aparecer en la corregida como líneas quebradas; sin embargo, su uso es común en la corrección geométrica de imágenes satelitales. La georreferenciación de las imágenes se realizó buscando puntos comunes entre ésta y el archivo vectorial correspondiente a la red hidrográfica de Ayacucho en proyección U.T.M. (proveniente del Instituto Geográfico Militar del Perú-IGM). Todo ello se realizó con el programa Idrisi Taiga. Un ejemplo de la distribución de los puntos de control en una imagen se muestra en la Ilustración 3.5.

Window from L5005069_06919860710_B40P c: 1394 r: 3756 to c: 1913 r: 4276

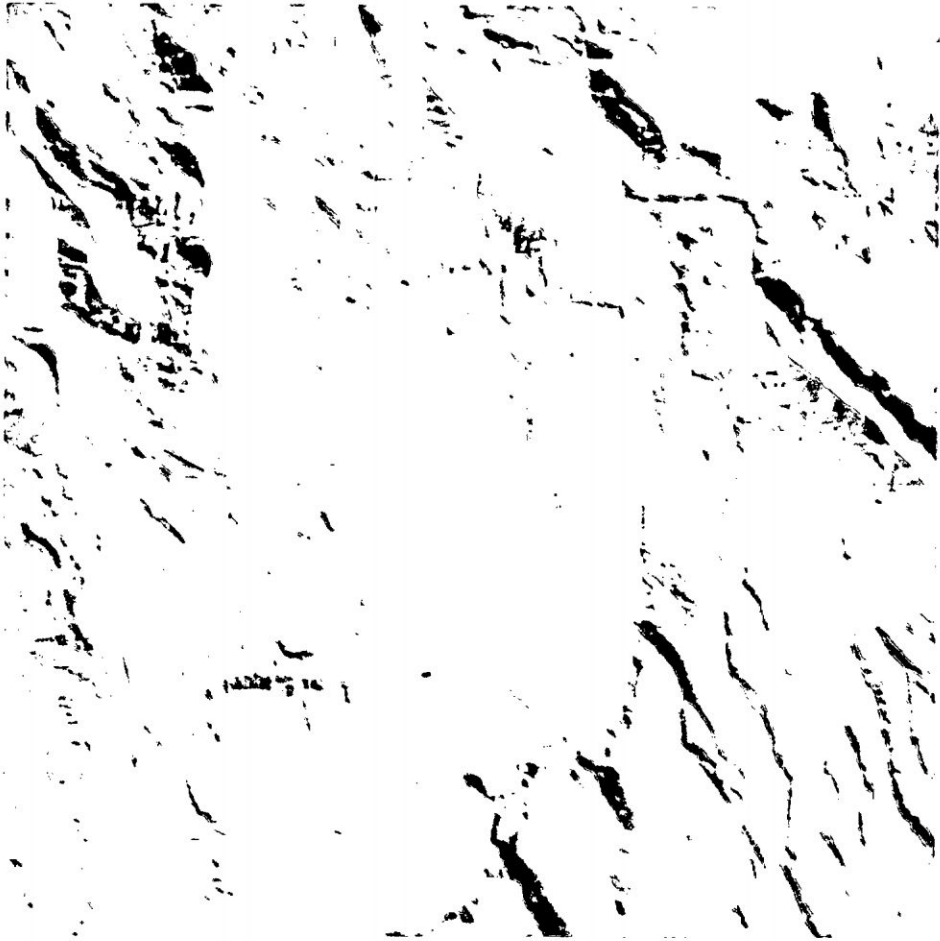


Ilustración 3.5: Puntos de control sobre la Banda 4 del Landsat correspondiente al 10.jul.1986.

El parámetro más importante que calcula el programa Idrisi es el RMS (Error medio cuadrático), pues indica la precisión de los puntos escogidos. En este caso el RMS está calculado en metros, por lo que se puede estimar que el error que se produjo promedia los 4,87 metros. Esta es una cifra aceptable considerando que se trabajó con una imagen en que el tamaño del píxel aproximadamente es de 30 metros. La información utilizada en la georreferenciación y, el valor del RMS resultante se muestra en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10: Información utilizada en la georreferenciación de las imágenes.

Especificaciones	Imágenes Landsat / Año de análisis		
	1986	1999	2011
Vectorial referencia	Red hidrográfica de Ayacucho		
Escala nominal	1:50,000		
Tipo corrección	Polinomial cuadrática		
Remuestreo	Vecino más cercano (<i>NearestNeighbor</i>)		
Proyección	UTM		
Huso	18		
Hemisferio	S		
Datum	WGS 1984 (Sistema Geodésico Mundial 1984)		
RMS (píxel)	6.5		

c) Calibración radiométrica

Mediante esta operación se convierte el valor digital (DN) de una imagen de satélite en valores de radiancia medida por el sensor (la señal recibida por los sensores se codifica en diferentes valores de DN de acuerdo a la reflexión de la radiación electromagnética de las cubiertas). La conversión de los DN a reflectividades se realiza en dos fases: primero se pasa los DN a valores de radiancia a partir de los coeficientes de calibración. La radiancia es ya una magnitud física, con unidades ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$). Posteriormente, el valor de radiancia se transforma en reflectividad aparente teniendo en cuenta la irradiancia solar en el punto y la fecha de adquisición de la imagen.

Chander y Markham (2003) señalan que cuando se comparan imágenes de distintas fechas es ventajoso transformar los valores de radiancia en

reflectancia porque se remueve el efecto producido por el ángulo solar y se compensan las diferencias en los valores de la irradiancia solar extra-atmosférica. La conversión de los valores DN a radiancia se realiza mediante la ecuación 13, desarrolladas por Chander y Markham (2003).

$$L_{\lambda} = G_{\text{rescale}} * Q_{\text{cal}} + B_{\text{rescale}}$$

Dónde:

$$G_{\text{rescale}} = (L_{\text{MAX}_{\lambda}} - L_{\text{MIN}_{\lambda}}) / Q_{\text{calmax}}$$

$$B_{\text{rescale}} = L_{\text{MIN}_{\lambda}}$$

Dónde:

L_{λ} = radiancia espectral obtenida por el sensor, $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$,

Q_{cal} = nivel digital o valor del pixel, DN,

Q_{calmax} = máximo valor de pixel calculado correspondiente a $L_{\text{MAX}_{\lambda}}$ [DN],

$L_{\text{MIN}_{\lambda}}$ = radiancia espectral mínima reescalada, $Q_{\text{cal min}} [W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$,

$L_{\text{MAX}_{\lambda}}$ = radiancia espectral máxima reescalada, $Q_{\text{cal max}} [W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$

G_{rescale} = factor de rescalamiento de ganancia, $[(W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m))/DN]$,

B_{rescale} = factor de rescalamiento de sesgo, $[W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)]$.

Para convertir los valores de radiancia a reflectancia se utiliza la ecuación desarrollados por Chander et al. (2009). Esto es:

$$\rho P = (\pi * L_{\lambda} * d^2) / (ESUN_{\lambda} * \cos \theta_s)$$

Dónde:

ρP = unidad mínima de reflectancia planetaria adimensional,

L_{λ} = radiancia espectral en apertura del sensor,

d = distancia Tierra-Sol en unidades astronómicas,

$ESUN_{\lambda}$ = irradiancia solar exo-atmosférica solarmedia,

Θ_s = ángulo cenital solar en grados.

Los coeficientes utilizados para la calibración radiométrica de las imágenes han sido los publicados por Chandery Markham (2003) para Landsat-5TM, los mismos se muestran a continuación.

Tabla 3.11: Coeficientes de calibración para Landsat - 5TM.

Spectral Radiances, $LMIN_{\lambda}$ and $LMAX_{\lambda}$ in $W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)$								
Processing Date	From March 1, 1984				After May 5, 2003			
	To May 4, 2003							
Band	$LMIN_{\lambda}$	$LMAX_{\lambda}$	$G_{rescale}$	$B_{rescale}$	$LMIN_{\lambda}$	$LMAX_{\lambda}$	$G_{rescale}$	$B_{rescale}$
1	-1.52	152.10	0.602431	-1.52	-1.52	193.0	0.762824	-1.52
2	-2.84	296.81	1.175100	-2.84	-2.84	365.0	1.442510	-2.84
3	-1.17	204.30	0.805765	-1.17	-1.17	264.0	1.039880	-1.17
4	-1.51	206.20	0.814549	-1.51	-1.51	221.0	0.872588	-1.51
5	-0.37	27.19	0.108078	-0.37	-0.37	30.2	0.119882	-0.37
6	1.2378	15.303	0.055158	1.2378	1.2378	15.303	0.055158	1.2378
7	-0.15	14.38	0.056980	-0.15	-0.15	16.5	0.065294	-0.15

Tabla 3.12: Irradiancia espectral solar exo-atmosférica.

Units: $ESUN=W/(m^2 \cdot \mu m)$		
Model:	Chance Spectrum CHKUR	
Band	Landsat 4	Landsat 5
1	1957	1957
2	1825	1825
3	1557	1554
4	1033	1036
5	214.9	215.0
7	80.72	80.67

La información del metadato del Landsat y los cálculos derivados de éste en la calibración radiométrica se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 3.13: Datos del metadato y cálculos derivados para la calibración radiométrica.

Imágenes Landsat		Días julianos	Distancia Tierra - Sol	Ángulo elevación solar	Azimuth solar
Año	Fecha				
1986	10-jul	191	1.01657	37.6816115	48.0167437
1999	30-jul	211	1.01509	42.4941746	49.1753361
2011	15-jul	196	1.01650	41.8792657	41.3413119

d) Corrección topográfica

El término corrección o normalización topográfica se refiere a la compensación de las diferencias de iluminación solar que se producen entre zonas, debido a la forma irregular del terreno. Este efecto que tienen la pendiente y la orientación del terreno sobre la iluminación del mismo, causa una fuerte variación en la respuesta espectral de tipos de cubierta similares: cubiertas en zonas sombreadas muestran una reflectividad menor de la esperada, mientras que en zonas soleadas el efecto es contrario. Por tanto, el proceso de normalización topográfica es crítico en las áreas de terreno abrupto o montañoso, siendo necesario la corrección topográfica, como paso previo al estudio de las cubiertas del suelo, adquiriendo mayor importancia aún en estudios multitemporales, en los que las condiciones de iluminación son distintas en cada imagen considerada.

La mayor dificultad en la aplicación de correcciones topográficas es la ausencia de modelos que sean de aceptación común. En la literatura se pueden encontrar una amplia variedad de métodos sin que haya un consenso sobre la aplicación de cualquiera de ellos universalmente. Otra

dificultad es la disponibilidad de un modelo digital de elevaciones preciso para la zona en estudio, lo cual supone una gran limitación en los estudios de zonas poco desarrolladas del planeta (Riaño et al., 2003).

Los métodos existentes para corregir el efecto de la topografía se pueden agrupar en dos categorías: lambertianos y no lambertianos. El primer supuesto asume que la reflectividad de la superficie es independiente de los ángulos de observación e incidencia sobre cada tipo de cubierta; y, el segundo considera que el brillo de una cubierta es distinto según la dirección de vista (Redondo et al., 2000). El supuesto lambertiano es conveniente para simplificar procedimientos, pero no es realista, ya que la mayoría de los tipos de cubierta son rugosas por lo que no se ajustan a la ley de reflectividad de Lambert. Actualmente existe un amplio rango de algoritmos para la corrección topográfica, de los cuales, en este trabajo se aplica el modelo de iluminación. Según Eastman (2004), los pasos en Idrisi son los siguientes:

1. Calcular el promedio de banda de la imagen para corregir.
2. Con un Modelo de Elevación Digital (DEM) se crea un mapa de sombreado analítico. Este será el modelo de los efectos de iluminación de todas las bandas y para su uso se requiere calibrarlos. Al inicio, el DEM se generó con el programa TNTmips a partir de las curvas de nivel de la zona de estudio y con un pobre resultado, ya que la equidistancia entre cotas es de 50 m. Finalmente, para el trabajo se utilizó una imagen ASTER DEM que

ha sido obtenido en forma gratuita desde la página web <http://earthdata.nasa.gov/> de la Agencia Estadounidense del Espacio y la Aeronáutica (NASA).

3. Calcular la relación lineal entre el mapa de sombreado y la imagen a corregir. Se usa la imagen como la variable dependiente y el sombreado como la variable independiente.

4. Aplicar la compensación y la ganancia en el mapa de sombreado. El resultado es un modelo de componente de iluminación inducida por el terreno.

5. El resultado anterior se resta de la imagen original y luego se agrega el promedio calculado en el primer paso.

El resultado visual de la corrección topográfica se puede observar en la Ilustración 6.4. En la imagen sin corregir se pueden observar zonas sombreadas y otras más luminosas. En la imagen corregida se distinguen los diferentes tipos de cubierta, pero resultan menos apreciables los desniveles del terreno, lo que indica que la reflectividad de la superficie depende, en una mínima parte, de su nivel de iluminación; pero depende en mayor proporción, de las características de la cubierta del suelo. En la imagen corregida, los píxeles que no reciben radiación solar directa (píxeles totalmente en sombra) tienen un valor nulo de reflectividad para todas las bandas.

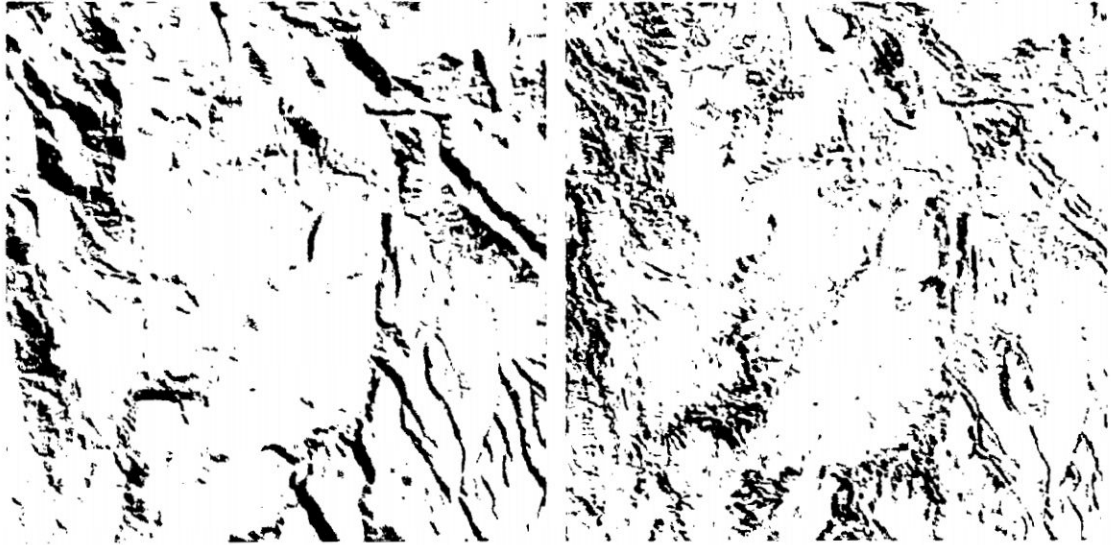


Ilustración 3.6: Detalle de la imagen Landsat, en falso color 741, de julio 1986 antes (izquierda) y después (derecha) de la corrección topográfica.

3.7. Cálculo de las variables ambientales

3.7.1. Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI)

El cálculo del porcentaje de vegetación del suelo está en función del NDVI, el cual ha sido calculado utilizando la ecuación propuesta por Rouse et al. (1974) y se expresa como:

$$\text{NDVI} = (\text{IRC}-\text{R})/(\text{IRC}+\text{R})$$

Dónde:

R = reflectividad del píxel en el rojo del espectro electromagnético,

IRC = reflectividad del píxel en el infrarrojo cercano.

A pesar de existir, en la imagen de NDVI, valores negativos (especialmente en superficies de agua y nubes) se consideró un valor mínimo de 0, esto, a través de una reclasificación.

3.7.2. Índice de humedad en las hojas (LWCI)

El índice LWCI, propuesto por Hunt et al. (1987) se basa en la interrelación entre las reflectividades en el infrarrojo de onda corta (SWIR) y en el NIR.

Para obtener este índice se aplica la siguiente ecuación:

$$\text{LWCI} = -\log [1-(\text{NIR}-\text{SWIR})] / -\log [1-(\text{NIRft}-\text{SWIRft})]$$

Dónde:

NIRft y SWIRft son las reflectividades en el infrarrojo cercano y de onda corta, para las hojas con máxima presión turgor. Los valores de máxima reflectividad para vegetación verde expuesta a humedad continua han sido identificadas en la zona de Totorilla, sobre todo en la vegetación que crece con las aguas que vierten de la planta de tratamiento de aguas servidas, esto fueron:

Tabla 3.14: Valores de máxima reflectividad para vegetación de humedad permanente.

Periodo de análisis	NIRft	SWIRft
1986	0.3745	0.1638
1999	0.3426	0.2098
2011	0.3017	0.1670

3.7.3. Índice de Suelo Urbanizado de Diferencia Normalizada (NDBI)

El índice de diferencia normalizada de suelos (NDSI), propuesto por Roger y Kearney (2004), destaca las áreas construidas en la malla urbana y el suelo desnudo, dado a que estas superficies son más reflectivas en el SWIR que en el NIR. Este índice se determinó mediante la ecuación:

$$\text{NDSI} = (\text{SWIR} - \text{NIR}) / (\text{SWIR} + \text{NIR})$$

3.7.4. Índice de Vegetación Ajustado al Suelo (SAVI)

El índice SAVI, propuesto por Huete (1988), el cual es apropiado para regiones que tienen baja cubierta vegetal y consecuentemente alto porcentaje de reflectancia del suelo. Se obtuvieron aplicando la siguiente ecuación:

$$\text{SAVI} = [(\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R} + \text{L})] (1 + \text{L})$$

Donde L es un coeficiente de ajuste de la vegetación, equivalente a 0.5, valor recomendado para densidades intermedias de la zona andina (Chuvieco, 2002).

3.7.5. Índice del Contenido de Agua de Diferencia Normalizada (NDWI)

Utilizado por primera vez por Hardisky et al. (1983) nos permite "cuantificar" la cantidad de agua existente en la cubierta vegetal, así como detecta la humedad del suelo y se expresa como:

$$\text{NDWI} = (\text{NIR} - \text{SWIR}) / (\text{NIR} + \text{SWIR})$$

3.7.6. Estimación de temperatura de superficie (TS)

Para obtener la temperatura de superficie, la radiancia espectral a nivel de sensor (banda térmica), se transforma temperatura de brillo del satélite usando la ecuación desarrollada por Chander y Markham (2003), y se expresa como:

$$T = [K_2 / \ln (K_1 / L_\lambda + 1)]$$

Donde:

T = temperatura de brillo en grados Kelvin, para una radiancia L,

K₁= constante de calibración 1 en W/(m².sr.µm),

K₂= constante de calibración 2 en grados Kelvin,

L_λ = radiancia espectral del sensor.

Las constantes utilizadas para la calibración de la banda termal, como en el caso anterior, han sido los propuestos por Chander y Markham (2003) para Landsat 4/5TM. El mismo se muestra abajo.

Tabla 3.15: Constantes de calibración de la banda termal del Landsat.

Units	W/(m ² .sr.μm)	Kelvin
Constant	K1	K2
Landsat 4	671.62	1284.30
Landsat 5	607.76	1260.56

La temperatura de brillo está referida como la de un cuerpo negro, por tanto, es necesario introducir la emisividad de la superficie de la tierra, considerando los tipos de uso para obtenerla temperatura cinética de superficie. Teniendo como dato la temperatura de brillo, la temperatura de superficie corregida por emisividad puede ser calculada por la ley de Stefan Boltzmann (Gupta, 1991). Esta conversión se realiza mediante la siguiente ecuación:

$$B = \epsilon \sigma T_s^4 = \sigma T_B^4$$

Dónde:

σ = constante de Stefan Boltzmann ($5.67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$),

B= importe total de la radiación emitida (Wm^{-2}),

T_s = temperatura de superficie (K),

T_B = temperatura de brillo (K),

ϵ = emisividad de superficie del suelo que varía entre 0 y 1.

Por tanto, para el cálculo de la temperatura de superficie corregida se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_s = (1/\epsilon^{1/4}) T_B$$

Dónde:

T_s = temperatura de superficie corregida con la emisividad,

T_B = temperatura de brillo del satélite,

ϵ = emisividad de la superficie.

Para el cálculo de emisividad de coberturas se utiliza la ecuación propuesta por Li et al. (2004), cuya expresión es la siguiente:

$$E = f_v \epsilon_v + (1 - f_v) \epsilon_s$$

Dónde:

f_v = fracción de vegetación, obtenida con la ecuación;

ϵ_v y ϵ_s = emisividades de las cubiertas de vegetación y del suelo, respectivamente. Para estos datos, los valores que se asumen son 0,985 y 0,960, respectivamente.

Para obtener la fracción vegetal se ha utilizado la relación lineal propuesta por Wittich y Hansing (1995), utilizadas también con resultados aceptables por otros autores (Choudhury et al., 1994; Qi et al., 2000, Ramsey et al., 2004). La ecuación de dicha transformación se expresa como:

$$f_v = (NDVI - NDVI_0)/(NDVI_{100} - NDVI_0)$$

Dónde:

0

f_v = fracción de cobertura vegetal del suelo,

$NDVI_0$ = índice correspondiente a suelo desnudo,

$NDVI_{100}$ = índice correspondiente a una superficie completamente vegetada.

Para normalizar el índice de vegetación (NDVI) se seleccionaron en la imagen de satélite zonas con cobertura total y sin vegetación. Para extraer el NDVI máximo y mínimo se utilizó la imagen correspondiente al año 1986; el suelo desnudo se ubicó en las zonas de Quicapata; mientras que para suelos completamente cubiertos con vegetación, las zonas han sido Huatatas y Alameda.

El valor de los píxeles han sido extraídos haciendo una máscara sobre la imagen de NDVI y luego se procesa en Excel para obtener el promedio. Los parámetros obtenidos son utilizados para todas las imágenes. Estos han sido: **a)** $NDVI_0 = 0.198$; **b)** $NDVI_{100} = 0.776$

Las temperaturas de superficie obtenidas a partir del sensor TM se ha comparado con registros provenientes de estaciones meteorológicas, para lo cual se obtiene las temperaturas mínimas y máximas (para cada fecha de adquisición de las imágenes), estos datos han sido interpolados para la hora de paso del satélite y se ha generado mapas continuos de temperatura del ambiente (T_a) siguiendo el procedimiento desarrollado en la modelación de la precipitación, logrando coeficientes de determinación r^2 de la regresión lineal que varían entre 0.90 y 0.96. Con este cálculo estadístico se determinó que los mapas de temperatura de superficie son aceptables. La diferencia

entre estas temperaturas varía entre 10°C y 18°C, lo cual es habitual, según Sandholt et al. (2002).

3.8. Estimación del Índice de Calidad Ambiental Urbano

La ciencia estadística ha desarrollado un conjunto de técnicas para manejar conjuntos de variables correlacionadas entre sí, la más utilizada en teledetección de estas técnicas de análisis multivariable es el Análisis de Componentes Principales (ACP). La justificación teórica del mismo es que, a partir del conjunto de variables puede obtenerse un conjunto de componentes, como combinación lineal de las variables. Estas componentes se caracterizan por: a) Contienen la misma información que las variables originales; b) Se conoce el porcentaje de la varianza original que absorbe cada componente; c) Los componentes se ordenan de acuerdo con el porcentaje de varianza absorbida.

En este sentido, las variables ambientales de datos teledetectados han sido procesadas con el programa Isdrisi Selva, la extracción de componentes se realizó considerando la matriz de correlación, y por el método de regresión, con autovalor (eigenvalues) mayor a 1 para retener al menos una de las variables de entrada. El objetivo del ACP es resumir un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto (más pequeño) sin perder una parte significativa de la información original (Chuvieco, 2008).

Del APC se obtuvieron factores sintéticos y se seleccionaron los componentes con mayor porcentaje de varianza de los datos originales. Para estimar el ICAU, los factores seleccionados son recalculados considerando su porcentaje de varianza que aporta a través del ACP para la cual se utilizó el calculador raster de Idrisi Selva.

Finalmente, el ICAU estimado es reclasificado y se establece 5 categorías de escala cualitativa de calidad ambiental para la Ciudad de Huamanga. Asimismo, se extrae el valor promedio de píxeles de ICAU para cada distrito lo cual permitió identificar patrones espaciales y temporales de la calidad ambiental; e identificar los distritos que presentan situaciones críticas o aceptables de calidad ambiental.

El procedimiento anterior se repitió utilizando como máscara la cobertura de usos de suelo, la cobertura zonificación de usos de suelo en formato vectorial ha sido facilitada por la oficina de Catastro de la Municipalidad provincial de Huamanga. Con los valores promedio de píxeles de ICAU se ha realizado el análisis de conglomerados jerárquicos utilizando el programa SPSS 20, con lo cual se realizó la aglomeración de distritos según la pertenencia de ICAU.

Cabe señalar, que para el 2011 se ha repetido el ACP haciendo uso del programa SPSS 20, el objetivo ha sido comparar con los resultados obtenidos con imágenes raster. Para el análisis con SPSS, los píxeles de las

6 variables ambientales han sido extraídos y exportados a SPSS, luego se aplica el ACP y una vez obtenido los factores para cada pixel han sido integrados al programa ArcGis 10.1, con el cual se obtuvieron más factores, estos mapas son procesados por su varianza y se obtiene el ICAU.

Para el mismo 2011, se ha integrado al análisis variables de calidad de aire urbano, tales como la concentración de partículas menores a 10 micras, concentración de metales pesados y la intensidad de ruido ambiental; datos proporcionados por la Diresa (Dirección Regional de Salud Ayacucho), 2012. Los datos han sido interpolados por el método de Kriging y ha sido agregado como nuevas variables al análisis de ACP que se procesaron juntamente con las 6 variables ambientales anteriormente descritas, obteniéndose un nuevo ICAU que sirvió para ahondar el análisis del problema ambiental en la Ciudad de Huamanga.

Finalmente, se ha realizado el análisis de la dinámica ambiental en el área urbana y periurbana para lo cual se ha revisado información existente sobre la migración y ocupación periurbana, la finalidad es averiguar sobre el impacto de la dispersión urbana en la calidad del suelo y la calidad ambiental, para lo cual se superpone (overlay) cobertura de expansión urbana (proporcionados por la oficina de Catastro de la Municipalidad provincial de Huamanga) con mapas de ICAU. El análisis se centra como impactan las ocupaciones periurbanas en la calidad ambiental, dado que en

estas áreas se asentaron poblaciones provenientes de las diferentes comunidades rurales, proceso intensificado durante las dos décadas de violencia política que vivió nuestro país y sobre todo nuestro departamento de Ayacucho.

3.9. Información meteorológica

Los datos han sido obtenidos de la Red Hidrometeorológica del Gobierno Regional de Ayacucho, Servicio Meteorológico de la Universidad Nacional de "San Cristóbal de Huamanga" y del Gobierno Regional de Ayacucho. Los datos que se utilizan en este estudio son: Temperatura mínima (T_{min}), temperatura máxima (T_{máx}) y precipitación (PP). La información meteorológica proviene de 12 estaciones correspondiente a cinco regiones del Perú, que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.16: Lista de las estaciones meteorológicas y datos utilizados en el estudio.

Región	Estación meteorológica	Localización			Datos meteorológicos		
		Latitud (S)	Longitud (W)	Altitud (m.s.n.m.)	T _{min}	T _{máx}	PP
Ayacucho	Huamanga - UNSCH	13°08'51"	74°13'06"	2774	x	x	x
	Allpachaca	13°23'19"	74°16'00"	3550	x	x	x
	Chakigocha	13°27'02"	74°27'35"	4114			x
	Cayramayo	13°16'18"	74°09'06"	3585			x
	Chiara	13°16'00"	74°12'27"	3400	x	x	x
	Choccoro	13°24'48"	74°28'23"	4025	x	x	x
	San Pedro de Quicato	13°16'57"	74°02'42"	3525	x	x	x
	Cuchoquesera	13°25'54"	74°20'40"	3750	x	x	x
	Putacca	13°23'39"	74°21'13"	3550	x	x	x
	Tambillo	13°12'54"	74°06'19"	3250	x	x	x
	Unión Potrero	13°27'50"	74°24'13"	3870	x	x	x
	Apacheta	13°20'51"	74°38'44"	4150	x	x	X

A partir de estos datos, se han obtenido superficies continuas de temperatura del aire y de precipitación a la misma resolución espacial de las imágenes TM para cada una de las imágenes, con el objetivo de obtener una serie temporal climática en cada uno de los píxeles y así poder relacionarlos con la temperatura de superficie. En la interpolación se ha utilizado diferentes métodos, de los cuales el mejor resultado ha sido obtenido con el método de distancia inversa. Este interpolador asume que cada punto en el set de datos tiene una influencia local que disminuye con la distancia y que, por lo tanto, los valores de los puntos cercanos al nodo que se procesa tienen mayor importancia o peso en el valor que será asignado al mismo.

Una vez interpolados los datos obtenidos de la red de estaciones distribuidas en el área de interés, se seleccionó un sector de 3x3 píxeles del área en la cual se encuentra ubicada cada estación meteorológica; los nueve píxeles de ambas variables climáticas fueron posteriormente relacionados con los valores de temperatura de superficie obtenida desde imágenes satelitales.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Cálculo de las variables ambientales

El NDVI es una variable que permite observar la presencia de vegetación y evaluar el estado de desarrollo de la misma mediante la observación con sensores remotos de la intensidad de radiación reflejada o emitida por esta misma en ciertas bandas del espectro electromagnético. Este índice puede tomar valores que van desde -1 a 1, siendo los cercanos a 1 los que nos muestran una vegetación vigorosa, los mayores a 0.1 baja densidad de vegetación y los menores a 0 la ausencia de masa vegetal (Chuvieco, 2006).

4.1.1. Evolución espacial y temporal del NDVI

El NDVI es un indicativo sensitivo de la presencia y condición de la vegetación, situación que se visualiza según los resultados obtenidos en la Ilustración 4.1, donde, visualmente se puede apreciar el comportamiento de esta variable en el área de estudio.

Un elemento notable que se observa en los mapas es la variabilidad del vigor de la vegetación, con buen vigor en la escena correspondiente al año 1986, que constituye la línea de base del estudio, luego las imágenes

correspondientes a 1999 y 2011 presentan vegetación de menor vigor o de mala densidad, es decir, menos respecto a la línea de base. En la imagen correspondiente a 2011 se observa reducido vigor hecho que puede atribuir a dos factores: en primer lugar, se trata de un año con menos precipitación y, en segundo lugar, el crecimiento urbano que se traduce en expansión del material de concreto en las construcciones de viviendas así como en la habilitación de calles y carreteras.

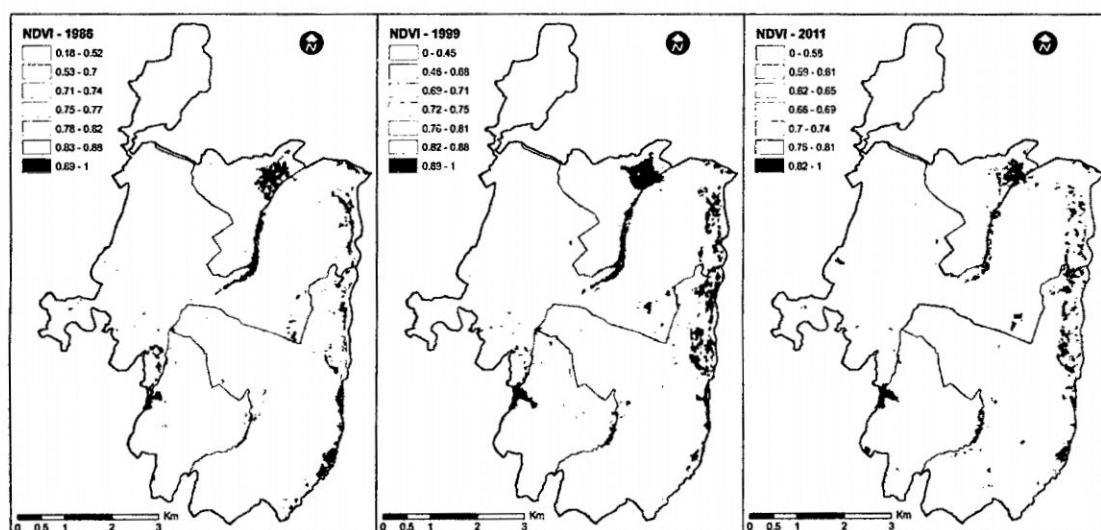


Ilustración 4.1: Índice de vegetación de diferencia normalizada, NDVI.

En la mayoría de los distritos y, sobre la base de los valores mínimos y promedios de los índices de vegetación encontrada, se determina que estos índices merman en el tiempo. El promedio muestra un deterioro de la actividad vegetal, aunque ésta resulta moderada para 1999 y para el 2011 la actividad vegetal disminuye considerablemente.

La dinámica vegetal tiene una estrecha influencia del ciclo hidrológico del territorio, la estructura y diversidad del paisaje, el tipo de uso y gestión de los recursos naturales, los procesos de erosión y transporte del material del suelo, entre otros. Bajo estas consideraciones, esta tendencia decreciente del NDVI podría atribuirse al patrón de uso del territorio.

Calculados los mapas de NDVI, se seleccionó un sector de 3x3 píxeles del área en la cual se encuentran las 12 estaciones meteorológicas señaladas en la Tabla 3.16, las mismas que disponen de datos de precipitaciones (PP). Inicialmente fue necesario interpolar los datos de precipitación disponibles, obteniéndose mapas continuos para las fechas de análisis con el objetivo de obtener una serie temporal de precipitación en cada uno de los píxeles y relacionarlos con los valores de NDVI.

La interpolación se realizó con el TNTmips y Surfer 8, optando por un interpolador de distancia inversa. Los nueve píxeles, tanto de NDVI y precipitación (PP) de cada estación fueron correlacionados a fin de establecer el grado de dependencia existente. Generalmente, el NDVI y las precipitaciones, siguen una evolución similar; para este estudio las correlaciones obtenidas han sido entre 0.85 a 0.97, es decir resultaron aceptables.

En regiones como la zona andina del Perú, la respuesta de la vegetación se produce, fundamentalmente, en relación a las condiciones de humedad del

suelo cuya principal fuente es la precipitación. En la zona del estudio, las correlaciones entre los valores de precipitación y el NDVI muestran comportamientos diferenciados, con correlaciones positivas y significativas. Entre los años, se comprueba la existencia de importantes variaciones en la actividad de la vegetación, siendo más notorias en años que registran menos precipitación pluvial como en 1999.

El pico más alto de precipitaciones pluviales se produce en el mes de febrero, mientras que el máximo desarrollo vegetal se registra en marzo. A partir de abril, el ciclo vegetativo de las plantas (especialmente las especies cultivadas y otras de periodo anual) llega a su madurez y entran en senescencia, por ello las precipitaciones pluviales no producen cambios significativos en la actividad vegetal o presentan correlaciones negativas. Generalmente entre mayo y agosto, las precipitaciones ayudan a mantener el vigor acumulado de la vegetación constituida, casi en su totalidad, por pastos naturales, arbustos y árboles.

Para el análisis espacial se recurre a los distritos, se evidencia un mayor deterioro del NDVI para el distrito de Ayacucho y poco menos para el distrito de Carmen Alto, mientras en los distritos de Jesús nazarenos y San Juan bautista el deterioro de la actividad vegetal es menor. Se asume que en el distrito de Ayacucho se reduce las propiedades de infiltración del suelo, hay menos humedad y mayor área cubierto con concreto y es un factor principal

que provoca la reducción de la actividad vegetal, situación que se manifiesta en bajos valores de NDVI.

En este análisis, un aspecto en la dinámica espacial del NDVI que aparece importante es el cambio en el uso del suelo y del territorio en el periodo que abarca este estudio. En el distrito de Ayacucho se observa que, aproximadamente un 90% de la superficie urbana ha sido transformado, marcando un proceso de cambio en el uso del territorio y, por ende, han ido modificando el paisaje. Por ello resulta lógica una dependencia entre la vegetación que se desarrolla en estos meses con el agua que se acumula en el suelo durante los meses anteriores, ya que un suelo con mayores reservas permitirá un adecuado desarrollo y actividad vegetal.

4.1.2. Evolución espacial y temporal del LWCI

El LWCI y el NDVI tienen un comportamiento similar, valores más altos indican mayor humedad de las hojas de la vegetación y contrariamente, los niveles más bajos indican contenidos de humedad muy bajos.

Espacialmente, el LWCI se comporta de manera diferenciado, sin embargo esta variable no se deteriora como el NDVI, por ello para el 2011 el mapa muestra menos color rojo que para el 1999; es decir en 1999 el LWCI presenta mayor deterioro. Para el 2011, esta variable mejora y puede

deberse a la cantidad de precipitación que se registra y por ende la acumulación de humedad en el suelo las que mantienen mayor vegetación y mayor humedad de las hojas.

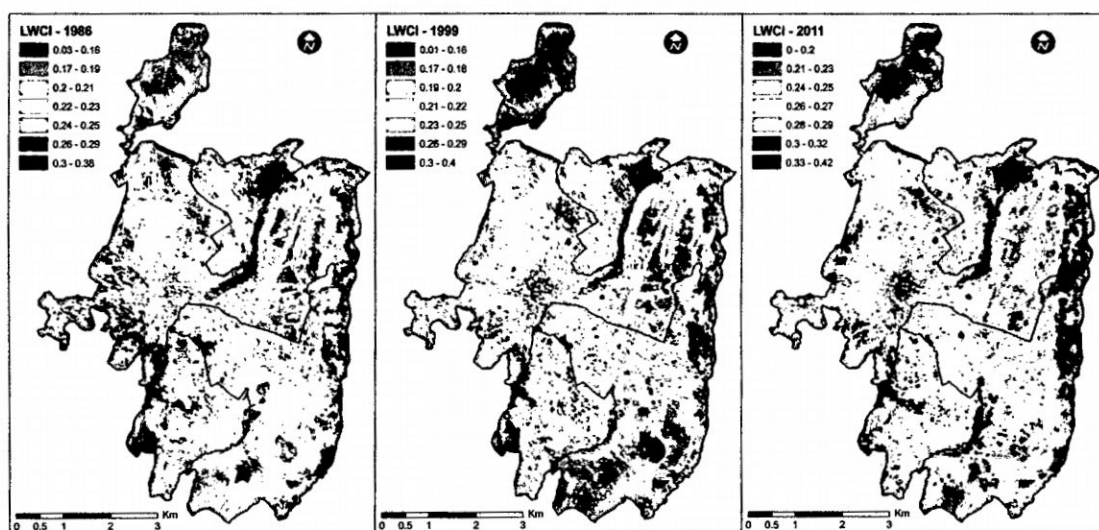


Ilustración 4.2: Índice de humedad en las hojas, LWCI.

Especialmente, se observa que el distrito de Ayacucho es el que más se deteriora en este índice y el distrito de Jesús Nazarenos, San Juan Bautista y Carmen Alto son los que resultan menos cambios. Como la que se muestra en la ilustración 4.2.

4.1.3. Evolución espacial y temporal del NDWI

Este índice nos permite “cuantificar” la cantidad de agua existente en la cubierta vegetal así como en el suelo. El comportamiento de los índices NDVI y NDWI es muy similar, caracterizado por un descenso brusco de

ambos índices para el 2011 debido al rápido proceso de secado de la vegetación y del suelo hasta alcanzar un valor mínimo en este año. En 1999 este índice mejora hasta estabilizarse en 0.54, esto es debido a la predominancia de vegetales y mejora de la humedad del suelo. Este incremento se debe a causa de las altas temperaturas y para el 2011 se diferencia claramente en el área urbana. El NDVI y el NDWI siguen el mismo patrón debido a que en la vegetación herbácea el contenido de clorofila responde muy rápidamente al estrés hídrico.

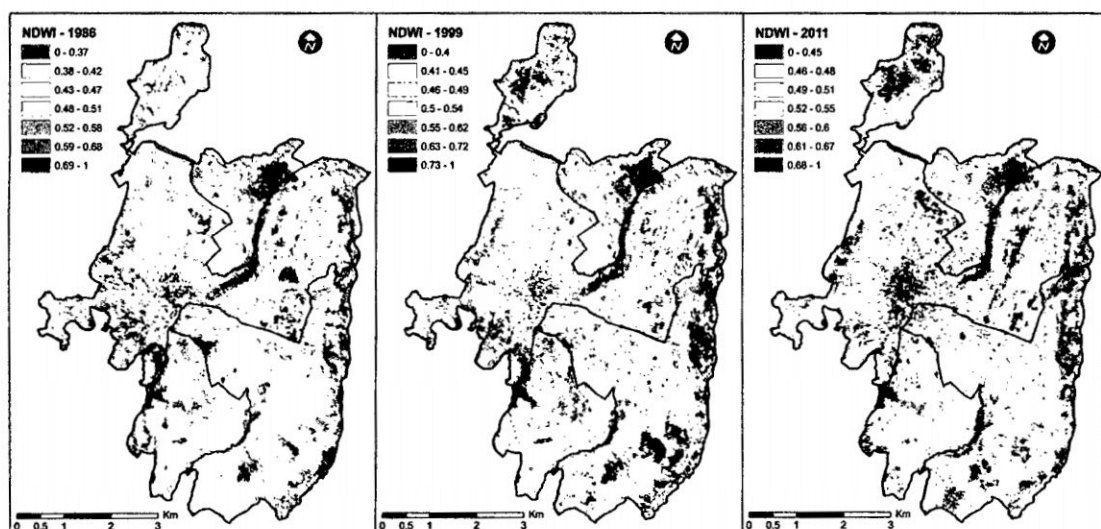


Ilustración 4.3: Índice de contenido de Humedad de Diferencia Normalizada, NDWI.

Espacialmente, el NDWI al igual que los demás índices evoluciona de manera diferenciada siendo el distrito de Carmen Alto, San Juan bautista y Jesús Nazarenos con mejores índices, es decir que existe mayor cobertura vegetal y mayor humedad del suelo, cosa que no sucede en el distrito de Ayacucho, donde existe mayor área cubierta por material de concreto, menor

infiltración del suelo, mayor escorrentía, mayor temperatura del suelo. Como la que se muestra en la ilustración 4.3.

4.1.4. Evolución espacial y temporal del NDSI

Los colores claros indican áreas con baja NDSI, áreas cubiertas por concreto, suelo desnudo y claro, y por tanto muestran suelos de menor calidad para el desarrollo de la vegetación. Sin embargo, este índice en los tres periodos de estudio ha mejorado sustancialmente, por ello para el mapa del 2011 se observa mayor número de píxeles de color azul. Con respecto a 1986, para 1999 este índice permanece casi igual y para el 2011 mejora en algunos distritos y se deteriora en otros.

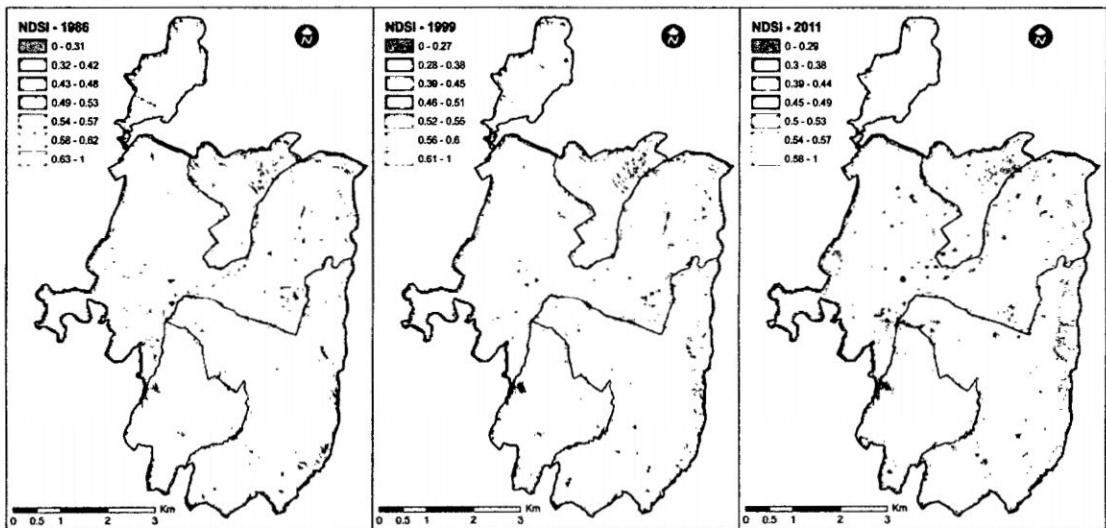


Ilustración 4.4: Índice de suelo urbanizado de diferencia normalizada, NDSI.

Espacialmente, este índice se mejora en el distrito de Jesús Nazarenos y San Juan Bautista, un poco menos en Carmen Alto y se deteriora en el distrito de Ayacucho, sin embargo en este distrito el sector de la Picota se ha mejorado, es decir los suelos que presentaban baja calidad para la vegetación ha mejorado, ahora existe mayor vegetación, las propiedades del suelo para la infiltración ha mejorado sobre todo por la forestación que se realizó en dicho sector en años anteriores.

4.1.5. Evolución espacial y temporal del SAVI

Por tratarse de suelos con escasa cubierta vegetal, el análisis ha sido complementado con la estimación de SAVI (*Soil Adjusted Vegetation Index*), propuesto por Huete (1988), la misma que es apropiada para regiones que tienen baja cubierta vegetal y, por tanto, alto porcentaje de reflectancia del suelo. Para esto se utilizó un coeficiente de ajuste de vegetación equivalente a 0.5 (factor de ajuste de la línea vegetación-suelo y que disminuye las variaciones del índice por efecto del suelo), recomendado para densidades intermedias, según Huete (1988) y Chuvieco (2006). Con la corrección de 0.5 los valores límites que en el NDVI eran -1 y +1 se han reducido a un rango que varía entre 0.37 y 0.41.

La estimación del índice SAVI fue para complementar al NDVI, dado que la vegetación no es homogénea. Para esto, también son necesarios los valores de reflectividad de vegetación y del suelo en las bandas 3 y 4 del TM. En la

Ilustración 4.5 se muestran la evolución temporal de este índices, ya que constituyen manifestaciones principales de cambio de gestión del territorio, lo que debe tener importantes repercusiones en la dinámica de la cubierta vegetal.

Cabe recalcar que, para bajo porcentaje de cubierta vegetal (< 15%), el SAVI es el que mejor permite distinguir la vegetación de la respuesta espectral del suelo, si bien un incorrecto ajuste del factor de corrección L, limita su validez en ciertas situaciones. Huete (1988) propuso un valor constante de $L=0,5$ pero investigaciones posteriores (Qi et al., 1994) encontraron que este valor produce una pérdida en la respuesta de la dinámica de la vegetación que se debe a que este valor es casi siempre más grande que los valores de reflectancia del rojo y, por tanto, satura las variaciones de reflectancia, por ello establecieron que el valor óptimo de L varía con la cantidad de vegetación presente en la superficie. Por ejemplo, un valor grande de L describe mejor la interacción suelo-vegetación cuando se tiene escasa presencia de ésta, mientras que para áreas con alta densidad de vegetación, convienen valores pequeños de L. En este trabajo, utilizar el factor $L=0.5$ al parecer no es conveniente puesto que en la ilustración se observa que la dinámica de la vegetación obtenida con el índice SAVI se ubican por debajo del promedio con el NDVI. Sin embargo se concluye que este índice decrece con el tiempo, siendo mucho mayor el deterioro para el 2011.

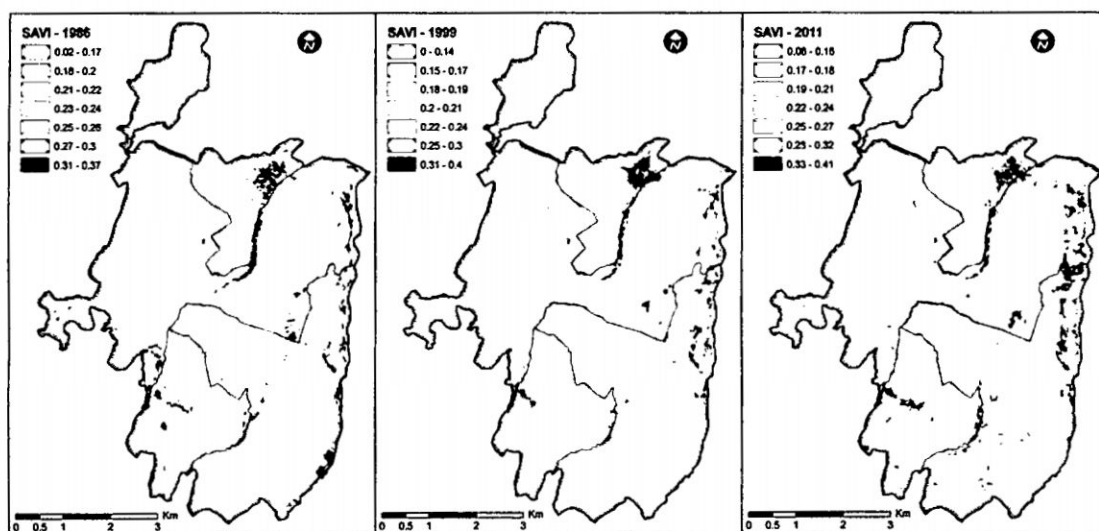


Ilustración 4.5: Índice de vegetación ajustado al suelo, SAVI.

Especialmente, con respecto a 1986, en el 2011 el distrito de Ayacucho es el que presenta menores valores de este índice mientras los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto son los que presentan mejores índices.

4.1.6. Evolución temporal y espacial de temperatura de superficie T_s

En la Ilustración 4.6 se muestra la evolución temporal de T_s para la zona urbana de la Ciudad de Huamanga desde 1986 hasta 2011. También se puede observar que las temperaturas correspondientes a un año de escasa precipitación pluvial son superiores respecto a un año en donde se registra una buena precipitación. Además, la variabilidad espacial de T_s es más notoria en años secos respecto a años con buena precipitación, donde la temperatura es casi similar en todos los distritos.

Al comparar los mapas con la línea de base (año 1986), se observa un incremento considerable de Ts máximo en 1999 y 2011, con 35.7°C y 32.1°C, respectivamente. Este comportamiento se ve reflejado en las bajas precipitaciones ocurridas en esos años. Según el IPCC (2002), el aumento de la temperatura de la superficie terrestre afectan los patrones espaciales y temporales de las precipitaciones. El aumento de la temperatura media de la superficie va a producir muy probablemente cambios en las precipitaciones y en la humedad atmosférica debido a los cambios en la circulación atmosférica, un ciclo hidrológico más activo y un aumento en la capacidad para retención de agua en la atmósfera. En las series temporales que se muestran a continuación se puede apreciar la evolución térmica en la Ciudad de Huamanga.

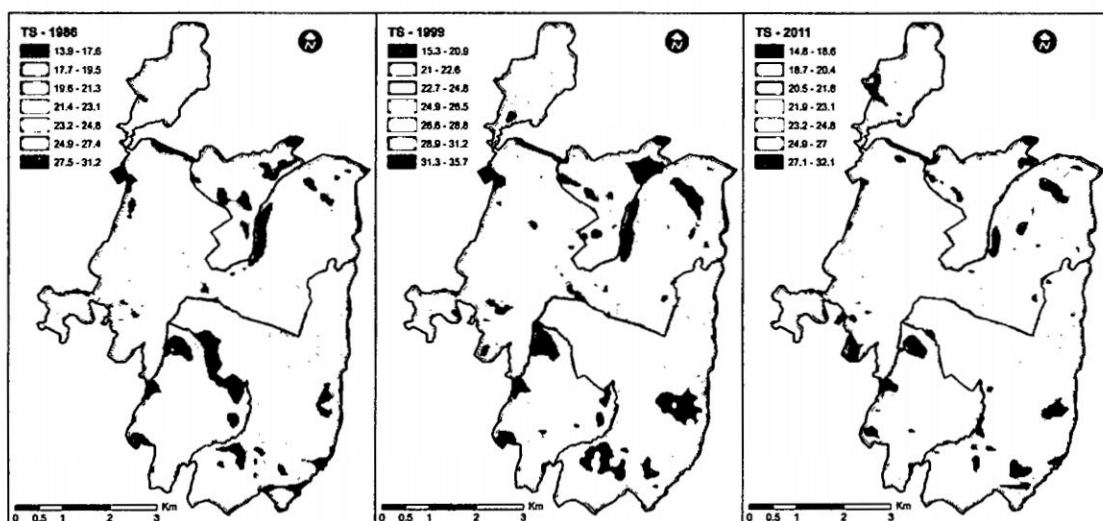


Ilustración 4.6: Serie temporal de Temperatura de superficie, Ts, para el periodo 1986 a 2011.

Además de su variabilidad temporal se observa un patrón de gradiente, con promedio de temperaturas más bajas para 1986 y 1999, mientras las temperaturas altas se registran en 2011. Cabe resaltar que al comparar con el NDVI en todos los casos las correlaciones resultan negativas y significativas.

Con la finalidad de validar o comparar las temperaturas de superficie obtenidas a partir del sensor TM se ha considerado comparar con registros provenientes de estaciones meteorológicas, para lo cual se obtiene las temperaturas mínimas y máximas (para cada fecha de adquisición de las imágenes), estos datos han sido interpolados para la hora de paso del satélite y se ha generado mapas continuos de temperatura del ambiente (T_a) siguiendo el procedimiento desarrollado en la modelación de la precipitación, logrando coeficientes de determinación r^2 de la regresión lineal que varían entre 0,90 y 0,95. Con este cálculo estadístico se determina que los mapas de temperatura de superficie son aceptables. La diferencia entre estas temperaturas varía entre 10°C y 18°C (para el año 1999), lo cual es habitual, según Sandholt et (2002).

Con relación al comportamiento temporal de la cubierta vegetal, que generalmente es de porte bajo y asociado a especies herbáceas y arbustivas, el aumento o disminución de la cobertura vegetal mantiene una

relación muy marcada y del tipo inversa con la temperatura de superficie, es decir, cuando la temperatura de superficie aumenta la vegetación se reduce.

Comparando con el mapa de línea de base, el incremento de Ts máximo se registra en el año 1999. Sin embargo, confrontando los promedios, el comportamiento de Ts muestra un gradiente creciente hasta 1999 y un ligero descenso como se puede apreciar en las Ilustraciones 7.7 y 7.8

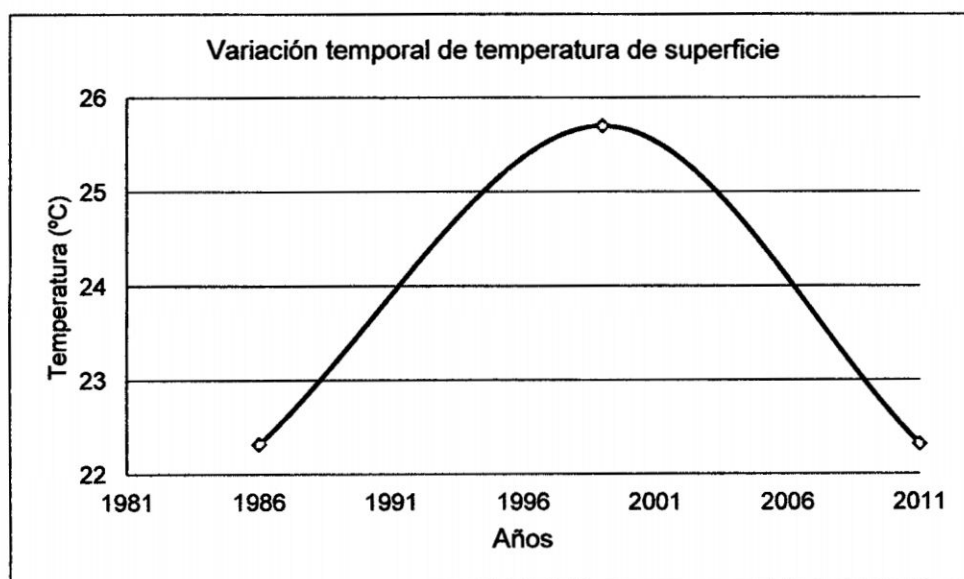


Ilustración 4.7: Evolución temporal de Ts en el área de la Ciudad de Huamanga.

Finalmente, a lo largo del periodo de estudio se observan diferencias acentuadas de Ts entre los distritos. Este comportamiento, permite señalar que no solamente se trata de la influencia del componente climático, sino que en estos cambios también viene cobrando importancia la acción del hombre que puede estar repercutiendo de manera positiva o negativa en el balance hídrico del área de estudio.

La distribución espacial de Ts al interior de los distritos presenta clara diferenciación, generalmente con altos valores en el distrito de Ayacucho y valores bajos en el distrito de Jesús Nazarenos, Carmen Alto y San Juan Bautista. La temperatura de la superficie está determinada, principalmente, por factores locales como el tipo de cobertura, la altitud, orientación de las laderas y la topografía del terreno.

El paso del satélite Landsat por el área de estudio en horario local se registra alrededor de las 09.30 horas. En relación a esto, las imágenes Landsat utilizadas en esta investigación corresponden a finales de otoño e inicios de invierno, cuando el clima es seco y casi siempre soleado. Por ello, la temperatura diurna, en esta época, se eleva sensiblemente, acercándose a los valores que se pueden alcanzar en verano y primavera. En cambio, la verticalidad solar en esta época no es muy elevada y las horas de luz diurna son deficitarias respecto a las horas de noche, razón por la cual las temperaturas nocturnas se reducen sensiblemente debido a la fuerte irradiación, propia de los climas de zona andina. Pero también existe una limitante que impone la hora de adquisición de las imágenes utilizadas, pues a la hora del paso del satélite la superficie correspondiente a zonas de depresiones aún no ha almacenado suficiente energía. Del mismo modo, el ángulo de elevación solar que varía entre 37° a 44° no sólo determina una menor intensidad de la radiación solar que incide en el suelo, sino que impide que las superficies ubicadas al fondo del área urbana y al pie de las

laderas expuestas al sur, absorban energía, pues quedan ocultas de luz solar, originando un efecto de anisotropía que se expresa con la atenuación de la Ts en superficies ensombrecidas.

La palabra anisotropía es la conjunción de tres palabras con significado propio: “an” (partícula negativa), “iso” (igual o equivalente) y “tropo” (figura); y, se define como el desigual comportamiento en las diferentes direcciones del espacio (Dinh et al., 2001).

En los resultados, los mapas de Ts muestran una clara relación espacial con los parámetros de cobertura vegetal y el contenido de humedad del suelo, en donde las superficies más frías se relacionan con las áreas más vegetadas y húmedas, mientras que las superficies más cálidas están relacionadas con aquellas desprovistas de vegetación y superficies con escaso contenido de humedad.

Los valores de Ts alcanzan una mayor medida con particularidad en suelos escasamente vegetados, siendo posible apreciar grandes contrastes térmicos entre las áreas más cálidas y aquellas con Ts moderadas. En efecto, los distritos concentran considerable porcentaje de superficies con temperaturas superiores a 28°C, lo que permite inferir que se trata de superficies con una inercia térmica mucho menor que en la cuenca baja. Se asume que hacia el atardecer, cuando la intensidad de la radiación solar

directa disminuye y una vez oculto el sol, la baja inercia térmica que caracteriza a territorios de zonas bajas o de valle.

Teniendo en cuenta la variabilidad espacial del NDVI, las coberturas de suelo con vegetación y de suelo desnudo, estos se diferencian en el sector Sur del distrito de San Juan Bautista. Este sector del territorio se caracteriza por poseer buena extensión de superficies con escasa vegetación y predominantemente son áreas secas; mientras los sectores Norte del distrito de Jesús nazarenos se caracterizan por poseer superficies con buena cobertura vegetal y suelos con buen contenido de humedad.

Al realizar una comparación panorámica de los valores de Ts en los mapas resultantes, en el sector Sur y Este del área urbana de Ayacucho se aprecian valores altos; en cambio, en el sector Norte y Oeste se concentra gran parte de Ts con valores bajos, las que se asocian espacialmente con aquellas superficies con mayor cobertura vegetal y áreas de menor sequedad.

Los valores promedios muestran variabilidad en el comportamiento de Ts, donde, para la Ts mínima corresponde al año 1986 y una máxima Ts para el año 1999; siendo el distrito de Ayacucho el que presenta altos índices de Ts. En general, a partir de 1999 se registra moderado descenso de Ts, tendencia que coincide con el descenso de valores del NDVI para este año.

De otro lado, la temperatura del aire y la T_s son parámetros diferentes, pero estrechamente relacionados, por lo que, para efectos de comparación, el comportamiento de la temperatura de superficie da cuenta que el clima en la zona andina no sólo es diverso, sino que, además, es muy variable y de gran densidad, en diferentes años, en los meses de un mismo año e, incluso, en espacios cortos de un territorio. La irregularidad, cada vez diferente, es otra característica que se manifiesta a escala mensual y dentro de los días de un mismo mes, según el ciclo lunar y las interacciones de los demás componentes del paisaje andino, pero, además, el suelo al igual que el clima es diverso y denso. En extensiones pequeñas, se encuentran diferentes clases de suelos, razón por la que también la T_s manifiesta marcada heterogeneidad como se puede apreciar en los mapas que se muestran.

En el distrito de Ayacucho los suelos presentan baja retención de agua y mayor área cubierta por material impermeable, características que facilitan el incremento de la temperatura de superficie en esta zona. Contrariamente, en el distrito de Jesús Nazareno, San Juan Bautista y Carmen Alto los suelos son húmedos y menor área cubierta de material impermeable. Esta particularidad responde a los factores climáticos locales y a las características del uso del territorio, lo cual afecta considerablemente en el comportamiento de los índices de vegetación y de humedad como se puede observar en la siguiente ilustración.

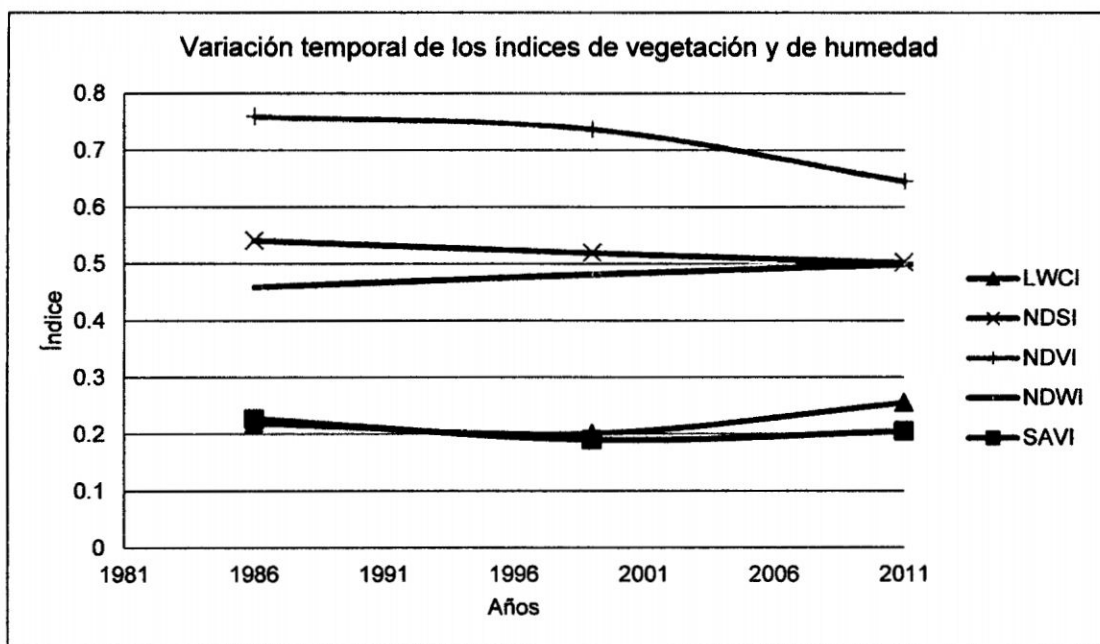


Ilustración 4.8: Evolución temporal de los índice de vegetación y humedad.

En general, los índices de vegetación y de humedad han mejorado excepto el NDVI y el NDSI, lo cual refleja que en este tiempo el área cubierta de material impermeable ha aumentado considerablemente, afectando en los variables de vegetación ciclo hidrológico del área urbana.

4.1.7. Evolución espacial de calidad del aire y ruido ambiental

En estas variables se ha considerado la concentración de metales pesados, partículas menores a 10 micras y el ruido ambiental, datos proporcionados por DIRESA Ayacucho, los puntos monitoreados fueron georeferenciados y luego modelados mediante el método de Kriging. La agregación de estas variables ha mejorado el análisis de la calidad ambiental, el monitoreo

ambiental abarca los años 2009 y 2012, en este sentido para el 2011 se tuvo que interpolar.

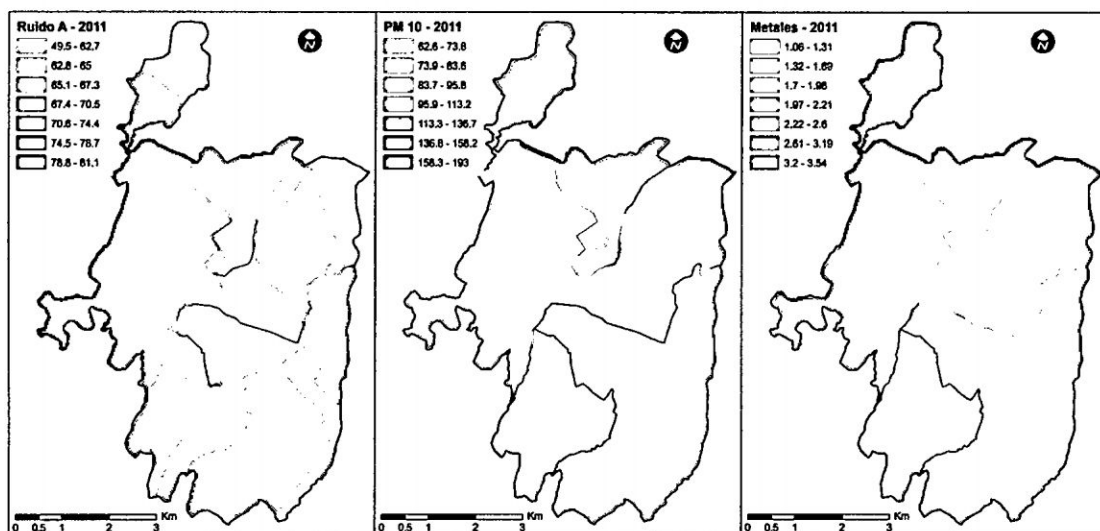


Ilustración 4.9: Evolución espacial de la calidad de aire y ruido ambiental.

En el análisis espacial, el distrito de Ayacucho es que presenta baja calidad de aire y mayor ruido ambiental, seguido por el distrito de Jesús Nazareno; en este aspecto, cabe recalcar que en el modelamiento interviene como factor la dirección del viento que en Ayacucho es generalmente tiene dirección Norte, Noreste y Este; es por ello, que en estos sectores se acumula más material en suspensión y los metales pesados y es el distrito de Jesús Nazareno el más perjudicado con esta contaminación, asimismo los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto presentan menos contaminación.

4.2. Obtención de factores sintéticos a través del ACP

El objetivo del Análisis de Componentes Principales (ACP) es resumir un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto (más pequeño) sin perder una parte significativa de la información original (Chuvienco, 1996). En teledetección, el objetivo del ACP es construir una o varias imágenes que incrementen su capacidad de diferenciar distintas cualidades de las imágenes. Es por ello que al realizar una composición color resulta interesante usar, en lugar de algunas bandas de la imagen, los componentes principales 1, 2 y 3 en la secuencia RGB respectivamente.

En general, esta técnica incrementa la eficiencia computacional de la clasificación porque reduce la dimensionalidad de los datos. Por otra parte, desde el punto de vista estadístico, el ACP facilita una primera interpretación sobre los ejes de variabilidad de la imagen, lo que permite identificar aquellos rasgos que aparecen en la mayoría de los índices temáticos y aquellos otros que son específicos de algún grupo de ellas (Chuvienco, opcit). Este trabajo se refiere a casos en los que interesa identificar la información común a la mayoría de los índices estimados, que está presente en los primeros componentes.

En este sentido, el ACP es usado con el objeto de detectar cambios en distintas fechas. En este caso, los primeros componentes resultantes del

análisis recogen información común a las distintas fechas (la estable), mientras los últimos componentes ofrecen la información no común (el cambio) que es lo que interesa en estudios multitemporales. Algebraicamente, el ACP genera nuevas variables (componentes), mediante una combinación lineal de las variables originales (índices temáticos). Aunque se requieren los componentes principales para reproducir la variabilidad total, muchas veces la mayor parte de ella está contenida en un número menor de componentes. En ese caso, reemplazando los índices por los componentes, se reduce la dimensionalidad del problema conservando casi la totalidad de la información. En teledetección, la adquisición de imágenes en bandas adyacentes del espectro implica, con frecuencia, detectar información redundante (en apariencia las bandas de la imagen se visualizan de manera similar). Por ello, los ND (digital number) de los píxeles de un índice temático pueden presentar una importante relación con los de otra, resultando una o más de una de ellas irrelevantes.

La ciencia estadística ha desarrollado un conjunto de técnicas para manejar conjuntos de variables correlacionadas entre sí, la más utilizada en teledetección de estas técnicas de análisis multivariable es el Análisis de Componentes Principales (ACP). La justificación teórica del mismo es que, a partir del conjunto de variables puede obtenerse un conjunto de componentes, como combinación lineal de las variables. Estas componentes se caracterizan por: 1) Contienen la misma información que las variables

originales; 2) Se conoce el porcentaje de la varianza original que absorbe cada componente; 3) Los componentes se ordenan de acuerdo con el porcentaje de varianza absorbida.

El resultado de un ACP realizado en este trabajo incluye: 1) El valor propio (eigenvalue) de cada componente, que indica la varianza absorbida por el mismo; 2) Una matriz de vectores propios (eigenvectors) que permiten calcular los valores de cada componente a partir de las variables originales. Estos valores y vectores propios pueden obtenerse a partir de la matriz de correlaciones o de la matriz de covarianzas. En el primer caso el efecto producido es una estandarización de los datos que resulta adecuada cuando estos no están medidos en las mismas unidades. En el caso de la teledetección se utiliza la matriz de correlaciones cuando se trabaja con ND y la de covarianzas cuando se trabaja con reflectividades. Los módulos de ACP de un programa de SIG proporcionan: 1) Los mapas de los valores de los componentes; 2) Los valores propios para determinar el porcentaje de varianza explicada por cada componente; 3) La matriz de vectores propios que nos permitirá determinar cuál es el peso de cada variable en cada componente. Aunque el ACP es una técnica estadística sin significado físico, puede permitir establecer hipótesis de tipo físico analizando la matriz de vectores propios.

Un ejemplo del resultado del ACP con el programa Idrisi Selva obtenido para 1986 ha sido el siguiente:

Tabla 4.1: Resultados del análisis de componentes principales para el año 1986.

T-MODE VAR/COVAR	LWCI_1986	NDSI_1986	NDVI_1986	NDWI_1986	SAVI_1986	TS_1986
LWCI_1986	1164.134128	-869.039147	51.689908	870.970110	32.501143	-367.303990
NDSI_1986	-869.039147	775.964009	-46.000853	-769.196732	-175.037914	143.687209
NDVI_1986	51.689908	-46.000853	190.178447	39.092124	304.771397	-115.459911
NDWI_1986	870.970110	-769.196732	39.092124	778.852820	165.906119	-140.743694
SAVI_1986	32.501143	-175.037914	304.771397	165.906119	1072.835335	119.493490
TS_1986	-367.303990	143.687209	-115.459911	-140.743694	119.493490	3465.994639

T-MODE COR. MATRIX	LWCI_1986	NDSI_1986	NDVI_1986	NDWI_1986	SAVI_1986	TS_1986
LWCI_1986	1.000000	-0.914360	0.109856	0.914690	0.029082	-0.182856
NDSI_1986	-0.914360	1.000000	-0.119747	-0.989439	-0.191842	0.087616
NDVI_1986	0.109856	-0.119747	1.000000	0.101574	0.674725	-0.142212
NDWI_1986	0.914690	-0.989439	0.101574	1.000000	0.181496	-0.085662
SAVI_1986	0.029082	-0.191842	0.674725	0.181496	1.000000	0.061967
TS_1986	-0.182856	0.087616	-0.142212	-0.085662	0.061967	1.000000

T-MODE COMPONENT	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
% VAR.	48.713588	33.477920	15.302651	1.644198	0.753353	0.108295
T-MODE EIGENVAL.	3628.168072	2493.421730	1139.735193	122.459169	56.109446	8.065769
T-MODE EIGENVEC.1	-0.261770	0.574690	-0.190533	0.534419	-0.528456	-0.005925
T-MODE EIGENVEC.2	0.173148	-0.508013	0.032873	0.310924	-0.343545	0.704390
T-MODE EIGENVEC.3	-0.038421	0.037005	0.293883	0.693705	0.654452	0.035400
T-MODE EIGENVEC.4	-0.172626	0.508727	-0.042792	-0.340012	0.302377	0.708890
T-MODE EIGENVEC.5	0.012638	0.172444	0.932626	-0.131622	-0.288038	-0.004645
T-MODE EIGENVEC.6	0.932770	0.348918	-0.068024	0.059693	0.002287	0.000297

T-MODE LOADING	C 1	C 2	C 3	C 4	C 5	C 6
LWCI_1986	-0.462128	0.841066	-0.188525	0.173331	-0.116018	-0.000493
NDSI_1986	0.374404	-0.910651	0.039840	0.123518	-0.092381	0.071815
NDVI_1986	-0.167814	0.133993	0.719441	0.556660	0.355480	0.007290
NDWI_1986	-0.372582	0.910239	-0.051766	-0.134822	0.081159	0.072140
SAVI_1986	0.023242	0.262894	0.961265	-0.044469	-0.065872	-0.000403
TS_1986	0.954343	0.295942	-0.039007	0.011220	0.000291	0.000014

El ACP facilita una primera interpretación sobre los ejes de variabilidad de las imágenes, lo que permite identificar aquellos rasgos que se recogen en la mayor parte de los índices temáticos y aquellos otros que son específicos a algún grupo de ellas. A partir de la matriz de varianza-covarianza de los índices que componen la imagen original se extraen los autovalores que expresan la longitud de cada uno de los nuevos componentes, y, en última instancia, la proporción de información original que retienen. Este dato resulta de gran interés para decidir que componentes principales son más interesantes; habitualmente los que mayor información original retengan. Tal y como se obtienen los CP, el autovalor va disminuyendo progresivamente, del primero a los últimos, pues se pretende maximizar sucesivamente la varianza extraída en el análisis. La varianza original explicada por cada componente se calcula como la proporción de su autovalor frente a la suma de todos los autovalores.

En definitiva, para poder interpretar el sentido de las nuevas variables se requiere conocer su relación con las originales. De igual forma, para calcular las ecuaciones que servirán para obtener las nuevas imágenes se precisa contar con los coeficientes de la transformación. Ambos aspectos pueden abordarse a partir de los autovectores. El autovector indica la ponderación que debe aplicarse a cada una de los índices temáticos originales para obtener el nuevo CP. Dicho brevemente, equivale a los coeficientes de regresión en una transformación lineal estándar, siendo los índices de la

imagen las variables independientes y los CP las dependientes. A partir de los autovectores se calcula la matriz de correlación entre CP y las imágenes originales, lo que nos permite conocer el sentido espectral de estos componentes.

De todas las combinaciones lineales posibles, los componentes principales son aquellas que no están correlacionadas y tienen máxima varianza. Con respecto a la matriz de correlación, el LWCI está correlacionado con el NDSI y el NDWI por lo tanto se debería excluir del análisis sin embargo se ha dejado porque estos índices se comportan de manera diferente y por ello se considera que es importante en el análisis, pero también la NDSI y el NDWI tienen alta varianza/covarianza por tanto se deja, los demás índices no están correlacionadas por tanto se deja para el análisis.

Los autovalores calculados a partir de la matriz de varianza/covarianza son: 3628.168, 2493.421, 1139.735, 122.459, 56.109 y 8.065. La varianza original asociada con cada uno de estos componentes, la proporción de varianza total explicada por cada uno de los componentes, resultó ser 48.71% para el primer componente; 33.48% para el segundo; 15.30% para el tercero, 1.64% para el cuarto; 0.75% para el quinto, y 0.11% para el sexto. De acuerdo a estos porcentajes seleccionando únicamente los tres primeros componentes, retienen o sintetizan el 97.49% de la varianza original de las imágenes; mientras que con el cuarto retienen en conjunto el 99.13% de la variabilidad total. Teniendo presente que el objetivo es reducir la dimensionalidad de los

datos, se podría pensar que los 3 componentes ó 4 componentes conservan casi la totalidad de la información. Una vez generados los componentes principales, para determinar cuántos incluir se aplicarán tres criterios presentados:

- a) Si se grafican los porcentajes de la variación total explicada por cada componente, o equivalentemente los autovalores, y se consideran los componentes anteriores al punto de inflexión de la curva, se retendrían los 3 primeros componentes.

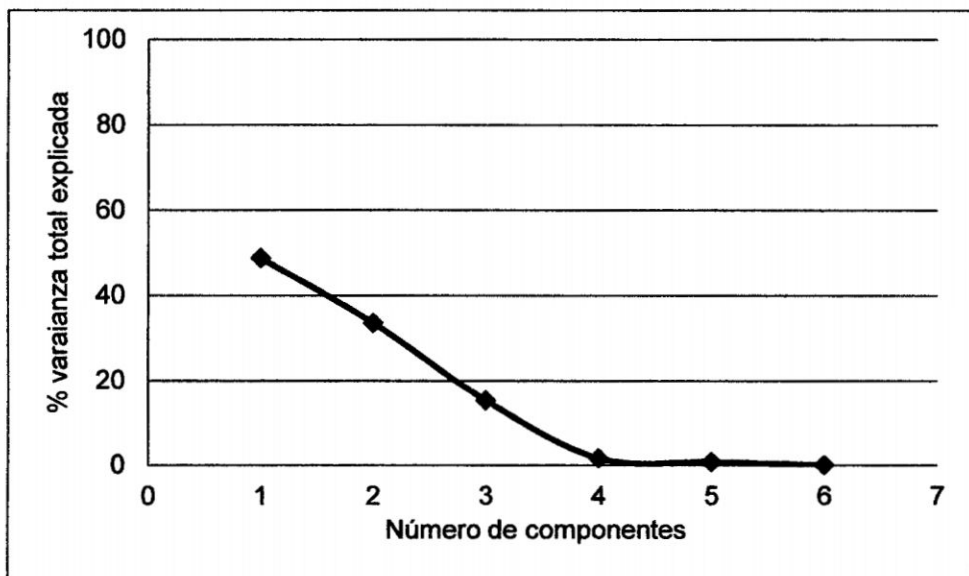


Ilustración 4.10: Porcentaje de la variación total explicada.

- b) Si se consideran los componentes cuyos autovalores son mayores al promedio (en este caso 1241.33) solamente se deberían retener dos componentes ($\lambda=3628.16$ y $\lambda=2493.42$) y del tercer componente en adelante se debería descartar.

c) Para examinar las correlaciones entre las imágenes originales y los componentes se calculan los coeficientes de correlación; por ejemplo, entre el componente 1 y el LCWI es -0.46.

Éste y los restantes se presentan en la sección LOADING. De esta tabla se puede concluir que el TS es la que más contribuyen al componente 1 ($r=0.95$), mientras que el SAVI tiene el menor aporte ($r=0.02$). Toda la contribución de los índices de vegetación están en el componente 3 ($r=0.96$ y $r=0.72$) que, por otro lado, tiene poca correlación con las restantes índices temáticos. Los valores pequeños de los coeficientes de correlación del componente 4 en adelante, indicarían que sólo deberían incluirse los componentes 1, 2 y 3.

Finalmente, de acuerdo a los 3 criterios se eligieron los componentes 1, 2 y 3; de esta manera para 1986 se ha establecido 3 factores, siendo el primer factor Intensidad de calor (1F-INC 1986), el segundo factor humedad del suelo (2F-HUS 1986) y el tercer factor como vigor de la vegetación (3F-VEG 1986). Para 1999 y el 2011 los factores establecidos son los mismos que para 1986 como se puede apreciar en las Ilustraciones 4.11, 4.12 y 4.13.

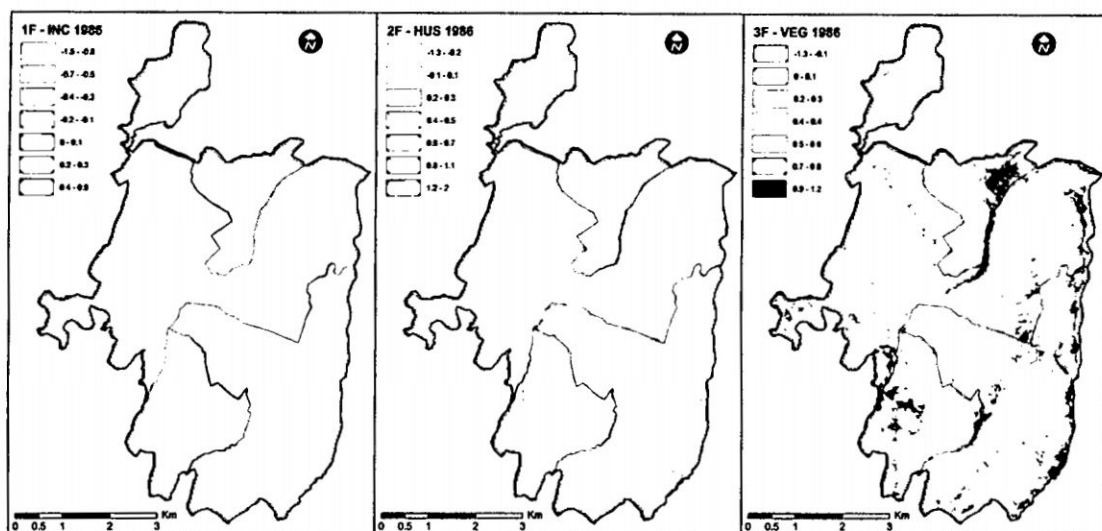


Ilustración 4.11: Factores sintéticos para el periodo 1986.

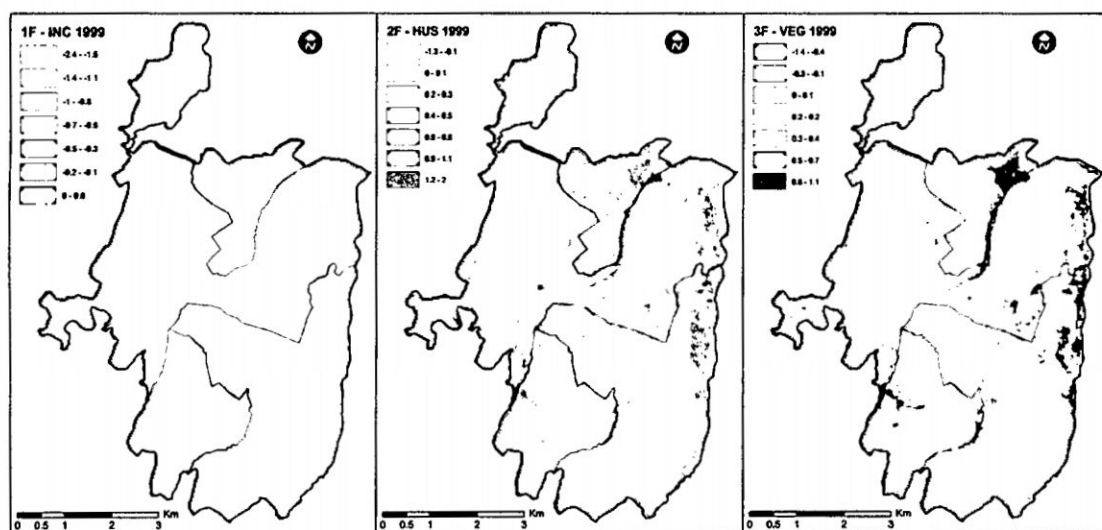


Ilustración 4.12: Factores sintéticos para el periodo 1999.

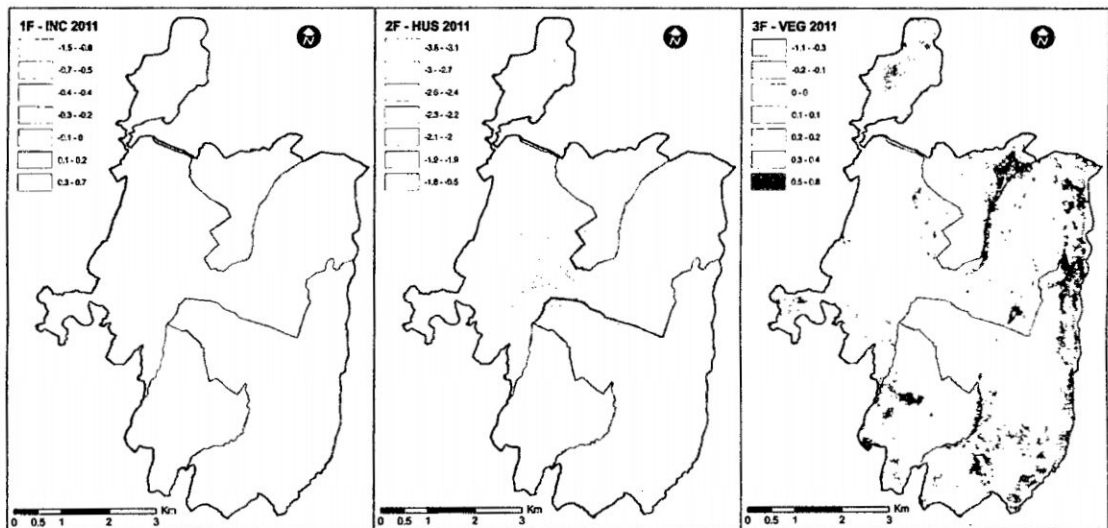


Ilustración 4.13: Factores sintéticos para el periodo 2011.

Por otra parte, con la finalidad de comparar los factores que resultan con programa de teledetección se ha efectuado cálculos adicionales con el programa SPSS, este cálculo se realizó solamente para el año 2011, para los cual todos los pixeles han sido extraído y luego procesado con el SPSS 20. Del análisis igual resultan 3 componentes, aunque el orden de los factores varían, el primer factor resultó Humedad del suelo (1Fs-Hu 2011), el segundo factor vigor de la vegetación (2Fs-Ve 2011) y el tercer factor intensidad de calor (3Fs-lc 2011).

Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (habrá, pues, que estudiar tanto el signo como la magnitud de las correlaciones). Los resultados según las fases de un análisis de componentes principales son las siguientes:

Tabla 4.2: Estadísticos descriptivos para el año 2011.

	Media	Desviación típica	N del análisis
SAVI	128,246	27,0701	61572
LWCI	151,114	20,1426	61572
NDSI	132,513	28,1450	61572
NDVI	165,778	16,0130	61572
NDWI	125,563	12,2130	61572
TS	142,862	42,2669	61572

Tabla 4.3: Matriz de correlaciones^a.

		SAVI	LWCI	NDSI	NDVI	NDWI	TS
Correlación	SAVI	1,000	,615	-,651	,912	,646	-,055
	LWCI	,615	1,000	-,967	,650	,956	-,272
	NDSI	-,651	-,967	1,000	-,682	-,995	,253
	NDVI	,912	,650	-,682	1,000	,681	-,104
	NDW	,646	,956	-,995	,681	1,000	-,249
	I	,646	,956	-,995	,681	1,000	-,249
	TS	-,055	-,272	,253	-,104	-,249	1,000
Sig. (Unilateral)	SAVI		,000	,000	,000	,000	,000
	LWCI	,000		,000	,000	,000	,000
	NDSI	,000	,000		,000	,000	,000
	NDVI	,000	,000	,000		,000	,000
	NDW	,000	,000	,000	,000		,000
	I	,000	,000	,000	,000	,000	
	TS	,000	,000	,000	,000	,000	,000

a. Determinante = 5.07E-005

Para comprobar que las correlaciones entre las variables son distintas de cero de modo significativo, se comprueba si el determinante de la matriz es distinto de uno, es decir, si la matriz de correlaciones es distinta de la matriz identidad.

Si las variables están correlacionadas hay muchos valores altos en valor absoluto fuera de la diagonal principal de la matriz de correlaciones, además, el determinante es menor que 1 (el máximo valor del determinante es 1 si las variables están incorrelacionadas). El determinante de la matriz da una idea de la correlación generalizada entre todas las variables. Se basa el test en la distribución chi cuadrado donde valores altos llevan a rechazar H_0 , así, la prueba de esfericidad de Bartlett contrasta si la matriz de correlaciones es una matriz identidad, que indicaría que el modelo factorial es inadecuado. Por otro lado, la medida de la adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin contrasta si las correlaciones parciales entre las variables son pequeñas.

Tabla 4.4: KMO y prueba de Bartlett.

Medida de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin.		,762
Prueba de esfericidad de Bartlett	Chi-cuadrado aproximado	608932,664
	gl	15
	Sig.	,000

La comunalidad asociada a la variable j -ésima es la proporción de variabilidad de dicha variable explicada por los k factores considerados equivale a la suma de la fila j -ésima de la matriz factorial. Sería igual a 0 si los factores comunes no explicaran nada la variabilidad de una variable, y sería igual a 1 si quedase totalmente explicada.

Tabla 4.5: Comunalidades.

	Inicial	Extracción
SAVI	1,000	,959
LWCI	1,000	,968
NDSI	1,000	,993
NDVI	1,000	,955
NDWI	1,000	,985
TS	1,000	1,000
Método de extracción: Análisis de Componentes principales.		

El cuadro representa la comunalidad de las variables repartido en todos los factores posibles, el total de la varianza de cada variable está repartida de alguna forma entre las 6 variables. La columna "Extracción" representa que parte de la varianza está repartida en los factores seleccionados. La comunalidad de una variable es la proporción de su varianza que puede ser explicada por el modelo factorial obtenido.

Estudiando las comunalidades de la extracción puede valorarse qué variables son peor explicadas por el modelo. En el ejemplo, la variable NDVI es la menos explicada, el modelo sólo es capaz de reproducir el 95.5% de su variabilidad original.

En una nota al pie de la tabla indica que, para llegar a esta solución factorial, se ha utilizado un método de extracción denominado componentes principales. Dicho método de extracción, que es el que actúa por defecto, asume que es posible explicar el 100% de la varianza observada y, por ello,

todas las comunalidades iniciales son iguales a la unidad (que es justamente la varianza de una variable en puntuaciones típicas).

A partir de la información de esta tabla es posible empezar a plantearse si el número de factores obtenidos (enseguida se verá cuáles son esos factores) es suficiente para explicar todas y cada una de las variables incluidas en el análisis. También éste es el momento de empezar a plantearse si, dando por bueno el número de factores extraído, alguna de las variables incluidas podría quedar fuera del análisis.

Tabla 4.6: Varianza total explicada.

Componente	Autovalores iniciales			Sumas de las saturaciones al cuadrado de la extracción			Suma de las saturaciones al cuadrado de la rotación		
	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado	Total	% de la varianza	% acumulado
1	4,170	69,506	69,506	4,170	69,506	69,506	2,829	47,150	47,150
2	1,043	17,385	86,891	1,043	17,385	86,891	2,006	33,437	80,588
3	,647	10,787	97,678	,647	10,787	97,678	1,025	17,090	97,678
4	,086	1,437	99,115						
5	,049	,813	99,929						
6	,004	,071	100,000						

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

En la tabla de porcentajes de varianza explicada (Tabla 4.6) se ofrece un listado de los autovalores de la matriz de varianzas-covarianzas y del porcentaje de varianza que representa cada uno de ellos.

Los autovalores expresan la cantidad de la varianza total que está explicada por cada factor; y los porcentajes de varianza explicada asociados a cada factor se obtienen dividiendo su correspondiente autovalor por la suma de los autovalores (la cual coincide con el número de variables). Por defecto, se

extraen tantos factores como autovalores mayores que 1 tiene la matriz analizada.

En el cuadro hay 2 autovalores mayores que 1 y otro autovalor cercano a 1, por lo que el procedimiento extrae 3 factores que consiguen explicar un 97.67% de la varianza de los datos originales. La tabla muestra también, para cada factor con autovalor mayor que 1, la suma de las saturaciones al cuadrado: las sumas de cuadrados de la columna Total (que coinciden con los autovalores cuando se utiliza el método componentes principales, pero no cuando se utilizan otros métodos de extracción), pueden ayudar, según se verá, a determinar el número idóneo de factores.

La información de esta tabla puede utilizarse para tomar una decisión sobre el número idóneo de factores que se debe extraer. Si se quisiera explicar, por ejemplo, un mínimo del 90% de la variabilidad contenida en los datos, sería necesario extraer 3 factores.

La matriz de varianzas-covarianzas analizada por defecto es la matriz de correlaciones entre las 6 variables incluidas en el análisis. Puesto que esta matriz es de dimensiones 6 x 6, es posible extraer hasta 6 factores independientes. Tal como muestra la columna de porcentajes acumulados (% acumulado), con los 6 factores que es posible extraer se consigue

explicar el 100% de la varianza total, pero con ello no se consigue el objetivo de reducir el número de dimensiones necesarias para explicar los datos.

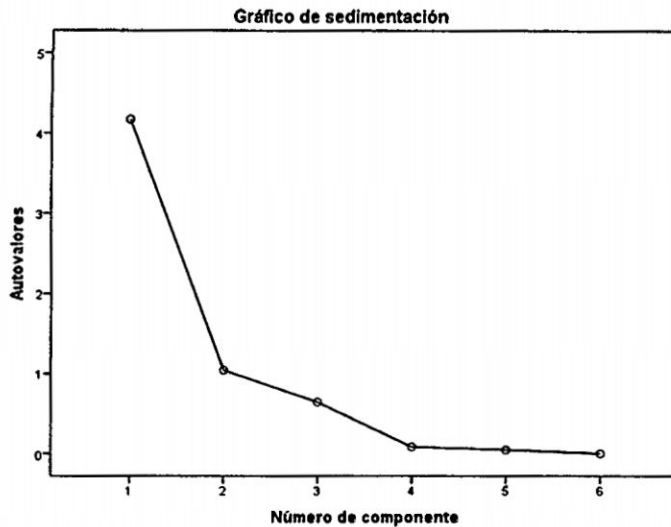


Ilustración 4.14: Gráfico de sedimentación.

Gráfico de la varianza asociada a cada factor. Se utiliza para determinar cuántos factores deben retenerse. Típicamente el gráfico muestra la clara ruptura entre la pronunciada pendiente de los factores más importantes y el descenso gradual de los restantes (los sedimentos). Otra opción es usar el criterio de Kaiser: consiste en conservar aquellos factores cuyo autovalor asociado sea mayor que 1, en este trabajo se ha optado por el gráfico de sedimentación, con el que se extrae 3 factores.

Tabla 4.7: Matriz de componentes rotados^a.

	Componente		
	1	2	3
SAVI	,347	,916	,006

	Componente		
	1	2	3
LWCI	,920	,323	-,137
NDSI	-,922	-,361	,116
NDVI	,386	,897	-,040
NDWI	,919	,359	-,112
TS	-,145	-,011	,989
Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.			

En la tabla 4.7 se encuentra la solución factorial propiamente dicha. Contiene las correlaciones entre las variables originales (o saturaciones) y cada uno de los factores. Conviene señalar que esta matriz cambia de denominación dependiendo del método de extracción elegido. En este caso se denomina matriz de componentes rotados, si bien en una primera prueba que es sin rotar, los factores resultantes no son difíciles de conceptualizar, pero pensando en mejorar los factores se ha optado por el método de rotación.

Comparando las saturaciones relativas de cada variable en cada uno de los tres factores puede apreciarse que el primer factor está constituido por las variables LWCI, NDSI y NDWI. Todas estas variables saturan en un único factor porque constituyen un grupo diferenciado de variables dentro de la matriz de correlaciones. Este factor parece reflejar una dimensión de «Hogares con vivienda deficitaria», pues según la tipología agrupa viviendas del Tipo B y las viviendas precarias. Las viviendas del Tipo B: cumplen al

menos una de las siguientes condiciones: No tiene provisión de agua por cañería dentro de la vivienda, no dispone de retrete con descarga de agua, tiene piso de tierra u otro precario. Además, una Vivienda Precaria: incluye ranchos o casillas, los hogares en casa de inquilinato, los locales no construidos por habitación y las viviendas móviles.

El segundo factor recoge el grupo de las variables Porcentaje viviendas con paredes deficitarias, Porcentaje viviendas con techo deficitario y Porcentaje viviendas con piso deficitario, por lo que podría representar como la "Humedad del suelo". El segundo factor representa al "Vigor de la vegetación". Por último, el tercer factor está formado por una única variable, la temperatura superficial, o lo que es lo mismo, la "Intensidad de calor", que es independiente de los dos componentes establecidos (puesto que los factores son independientes entre sí y la variable no satura en los otros dos factores).

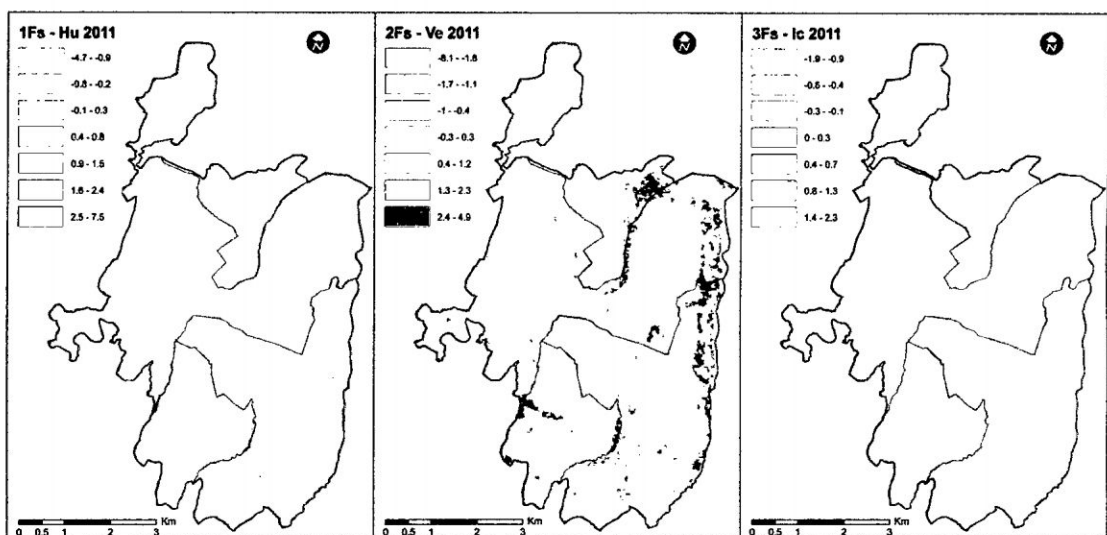


Ilustración 4.15: Factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS.

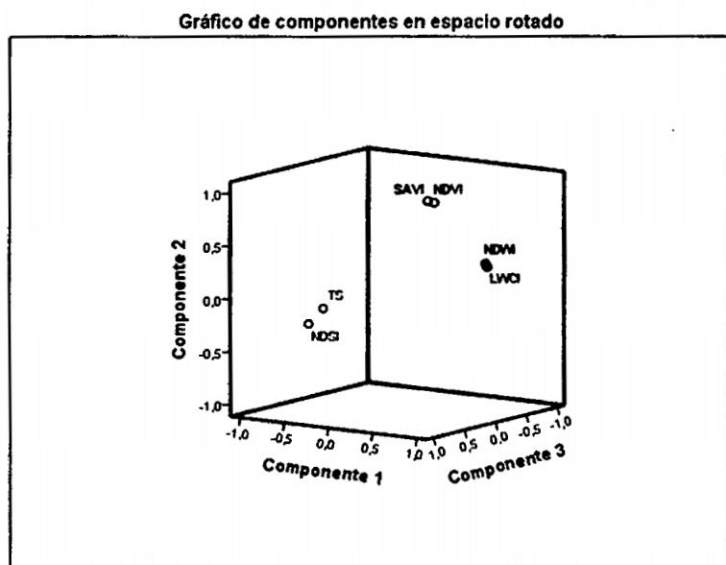
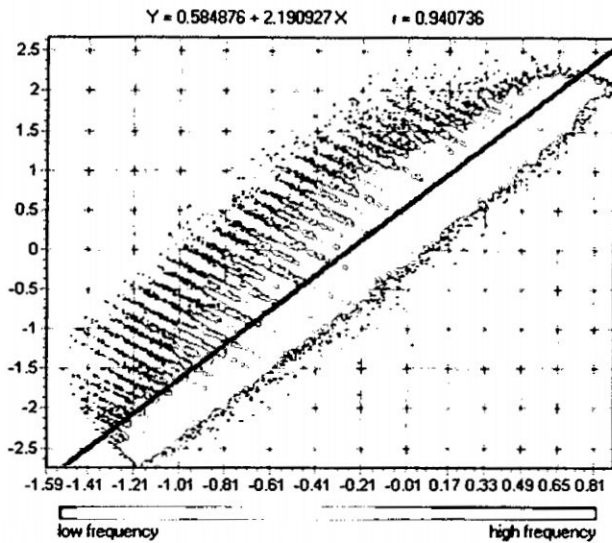


Ilustración 4.16: Gráfico de componentes en espacio rotado.

Por último, en la Ilustración 4.16 es la representación tridimensional de las saturaciones factoriales para los tres primeros factores.

Cabe señalar que al hacer una regresión de los factores obtenidos con el SPSS y con el Idrisi, resultan correlacionados y con un coeficiente de determinación que va entre 0.90 y 0.81, lo cual indica que los procedimientos son adecuados en ambos casos.



Regression Parameters:

X axis: 1C_INT_CALOR_2011
Y axis: 3C_INT_CAL_2011

Coeff. of Det. = 88.50 %
Std. Dev. of X = 0.429376
Std. Dev. of Y = 0.999995
S. E. of Estimate = 0.339138
Std. Error of Beta = 0.001663
t Stat for r or Beta = 1317.590706
t Stat for Beta <> 1 = 716.205789
Sample Size (n) = 225624
Apparent df = 225622

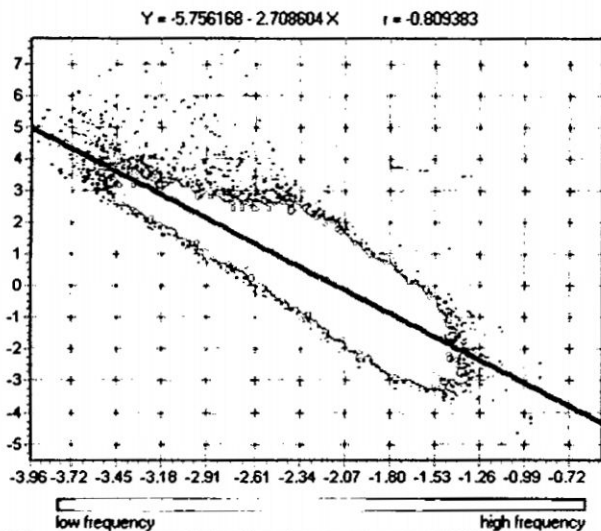
Show Regression Line

Save to Clipboard

Close

Print

Help



Regression Parameters:

X axis: 2C_HUH_SURL_URBAN_2011
Y axis: 1C_HUH_SUR_2011

Coeff. of Det. = 65.51 %
Std. Dev. of X = 0.298803
Std. Dev. of Y = 0.999947
S. E. of Estimate = 0.587249
Std. Error of Beta = 0.004138
t Stat for r or Beta = -654.635151
t Stat for Beta <> 1 = -896.322402
Sample Size (n) = 225624
Apparent df = 225622

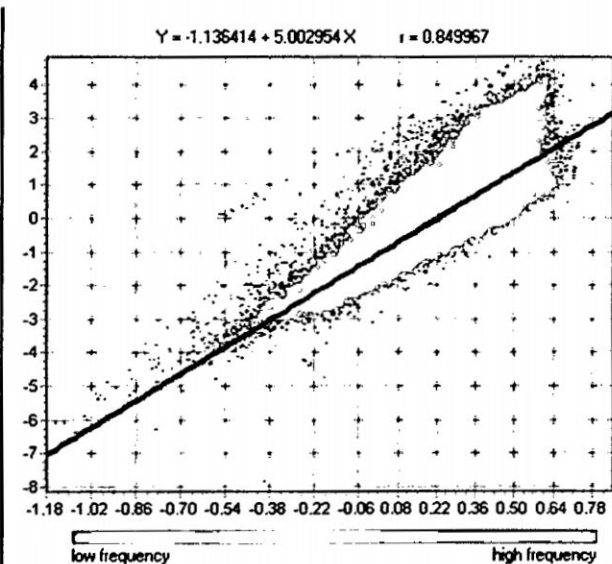
Show Regression Line

Save to Clipboard

Close

Print

Help



Regression Parameters:

X axis: 3C_VIG_VEGET_2011
Y axis: 2C_VIG_VEG_2011

Coeff. of Det. = 72.24 %
Std. Dev. of X = 0.169845
Std. Dev. of Y = 0.999717
S. E. of Estimate = 0.526687
Std. Error of Beta = 0.006528
t Stat for r or Beta = 766.332451
t Stat for Beta <> 1 = 613.156466
Sample Size (n) = 225624
Apparent df = 225622

Show Regression Line

Save to Clipboard

Close

Print

Help

Ilustración 4.17: Regresión entre factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS y con Idrisi.

Para este mismo año, el análisis se ha ampliado integrando las variables de calidad del aire y ruido ambiental, con el que se logró establecer 4 componentes, siendo estos: 1) Calidad de aire - CA; 2) Ruido ambiental - Ru; 3) Intensidad de calor - In; y, 4) Vigor de la vegetación - Ve.

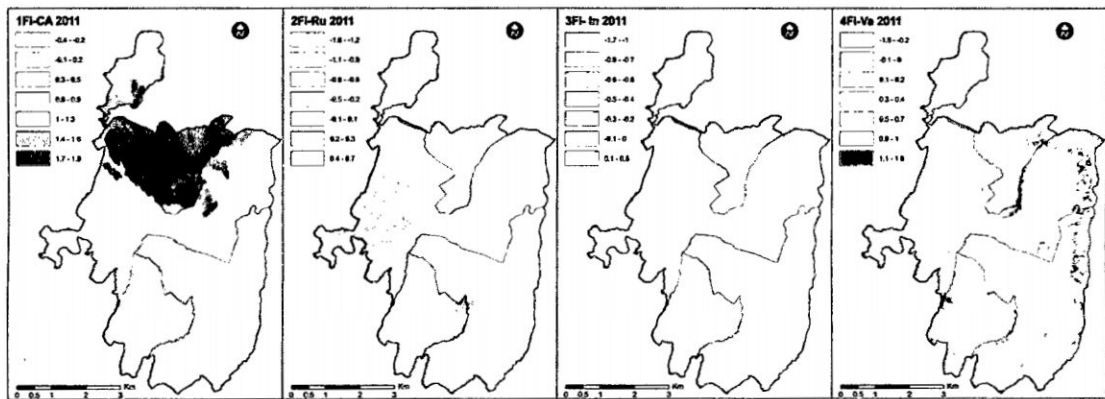


Ilustración 4.18: Factores sintéticos para el periodo 2011 calculados con el SPSS.

4.3. Estimación del índice de calidad ambiental urbana (ICAU)

Dado que los factores de ICAU son diferentes y representan diversos aspectos, es necesario combinar todos ellos en un índice sintético. Tres modelos ICAU se desarrollaron en este trabajo. Debido que el factor humedad del suelo y el indicador vigor de la vegetación están contribuyendo positivamente al ICAU, se le asigna un signo positivo. El indicador de intensidad de calor fue tratado como una contribución negativa al ICAU y por

tanto se le asigna un signo negativo. Para crear los mapas de ICAU se utiliza el porcentaje de varianza de cada factor explicado (como ejemplo, para 1986 ver Tabla 4.1) como peso para crear las siguientes tres ecuaciones:

$$\text{ICAU 1986} = (-48.71 * [\text{Factor 1}] + 33.48 * [\text{Factor 2}] + (15.30 * [\text{Factor 3}]) / 100$$

$$\text{ICAU 1999} = (-50.24 * [\text{Factor 1}] + 34.95 * [\text{Factor 2}] + (12.71 * [\text{Factor 3}]) / 100$$

$$\text{ICAU 2011} = (-60.12 * [\text{Factor 1}] + 29.11 * [\text{Factor 2}] + (9.41 * [\text{Factor 3}]) / 100$$

Los resultados se muestran en las Ilustraciones 4.19 y 4.20; mientras en las Ilustraciones 4.21 y 4.22 se muestran los análisis realizados con el SPSS para el año 2011 y así como integrando variables de calidad de aire y ruido ambiental también analizado para el 2011. En general, la puntuación para 1986 osciló desde -0.74 a 1.43; para 1999 desde -0.68 a 1.83 (Ilustración 4.18) y para el 2011 desde -0.01 a 1.97. Estos datos se normalizaron entonces entre 0 y 1.

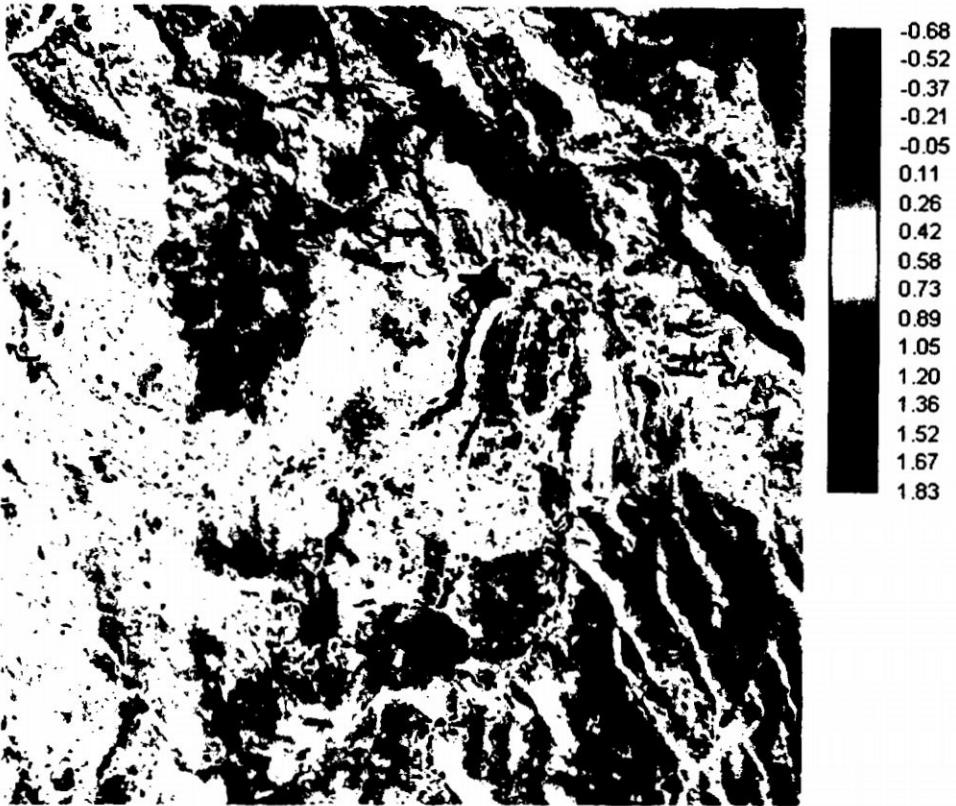


Ilustración 4.19: Puntuaciones de calidad ambiental urbano resultante para 1999.

Después de ser estandarizado para la nueva escala de rango 0-1, se ha reclasificado en 5 categorías de ICAU, siendo estos los siguientes: 1) Muy deficientes, de 0 a 0.29; Deficiente, de 0.29 a 0.49; 3) Regular, de 0.49 a 0.69; 4) Buena, de 0.69 a 0.79; 5) Muy buena de 0.79 a 1.

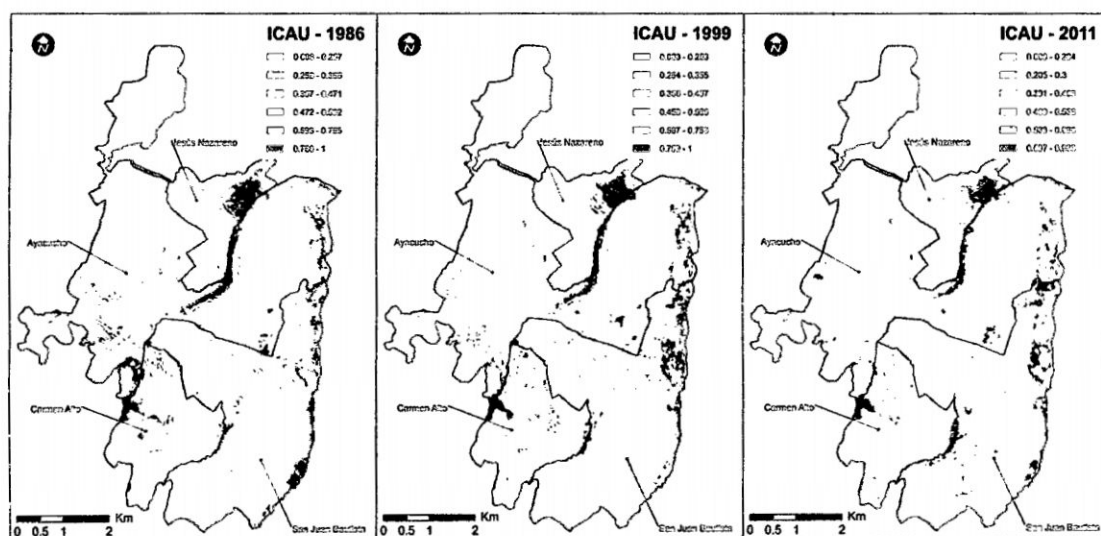


Ilustración 4.20: Índices de calidad ambiental urbano calculados con el Idrisi.

Los colores rojos son que tienen calidad ambiental muy deficiente y los verdes oscuros los que presentan a zonas de muy buena calidad ambiental. Las zonas de color rojo aumentan en el distrito de Ayacucho, contrariamente para Carmen Alto ha mejorado y presenta mayor área con buena calidad ambiental.

En la Ilustración 4.20 se observa resultados para el 2011 y que fue calculado con el SPSS y también integrando factores de calidad de aire y ruido ambiental. En este resultado las zonas con muy deficiente calidad ambiental aumentan considerablemente. Integrando variables de calidad de aire y ruido ambiental, es San Juan bautista y Carmen Alto con muy buena ICA, mientras que Ayacucho Y Jesús Nazarenas con peor calidad ambiental, es decir presentan mayores áreas con muy deficiente calidad ambiental.

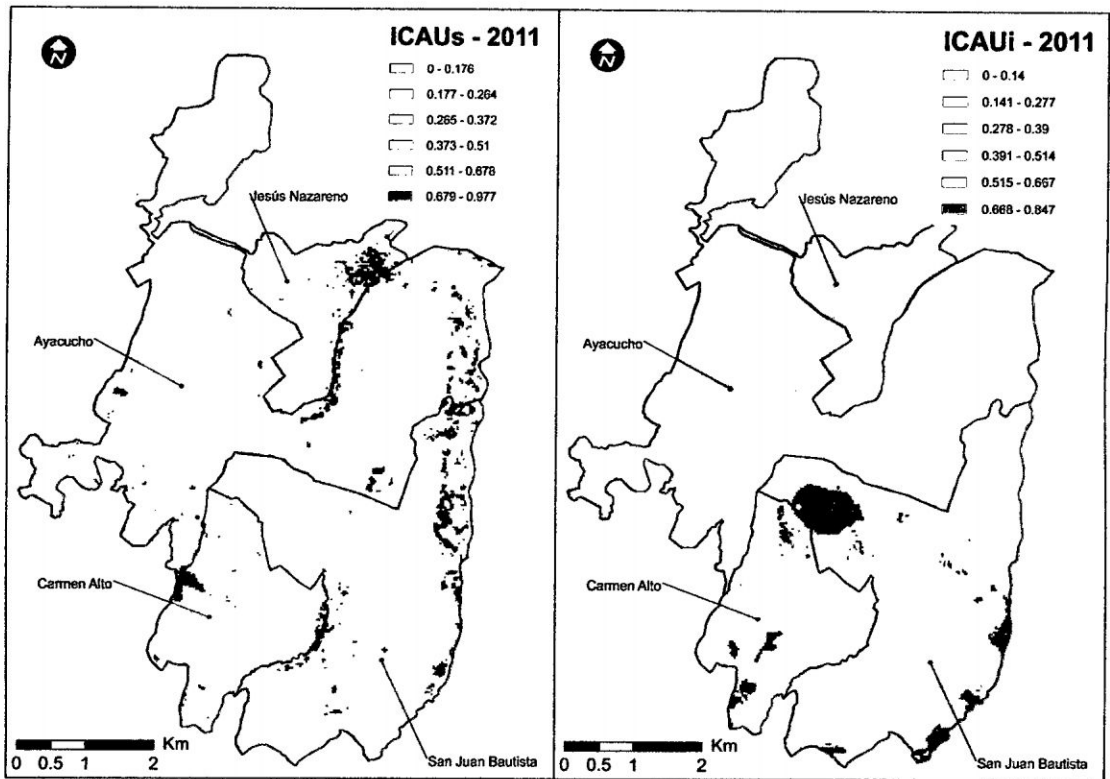


Ilustración 4.21: Índices de calidad ambiental urbano calculados para el 2011 con el SPSS (derecha) e integrado con variables de calidad de aire y ruido ambiental (izquierda).

En estos mapas, la variación temporal del ICAU se percibe claramente, una de mejor calidad en 1986 y un claro deterioro para el 2011.

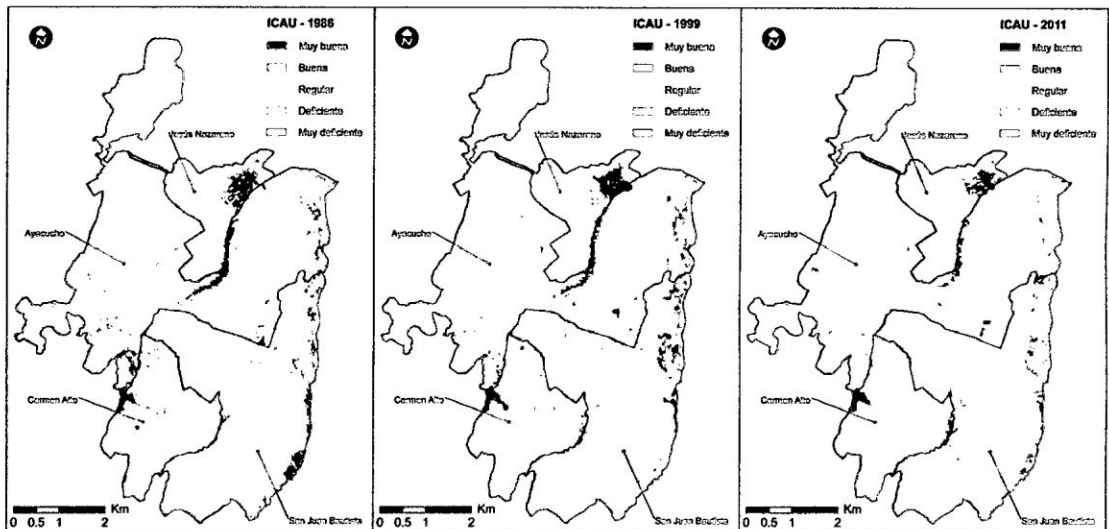


Ilustración 4.22: Índices de calidad ambiental urbano rescalado.

Integrando las variables de calidad de aire y ruido ambiental es san Juan con muy buena calidad ambiental seguido de Carmen Alto, mientras que Jesús nazareno es el casi la totalidad de sus territorio se torna de muy deficiente calidad ambiental.

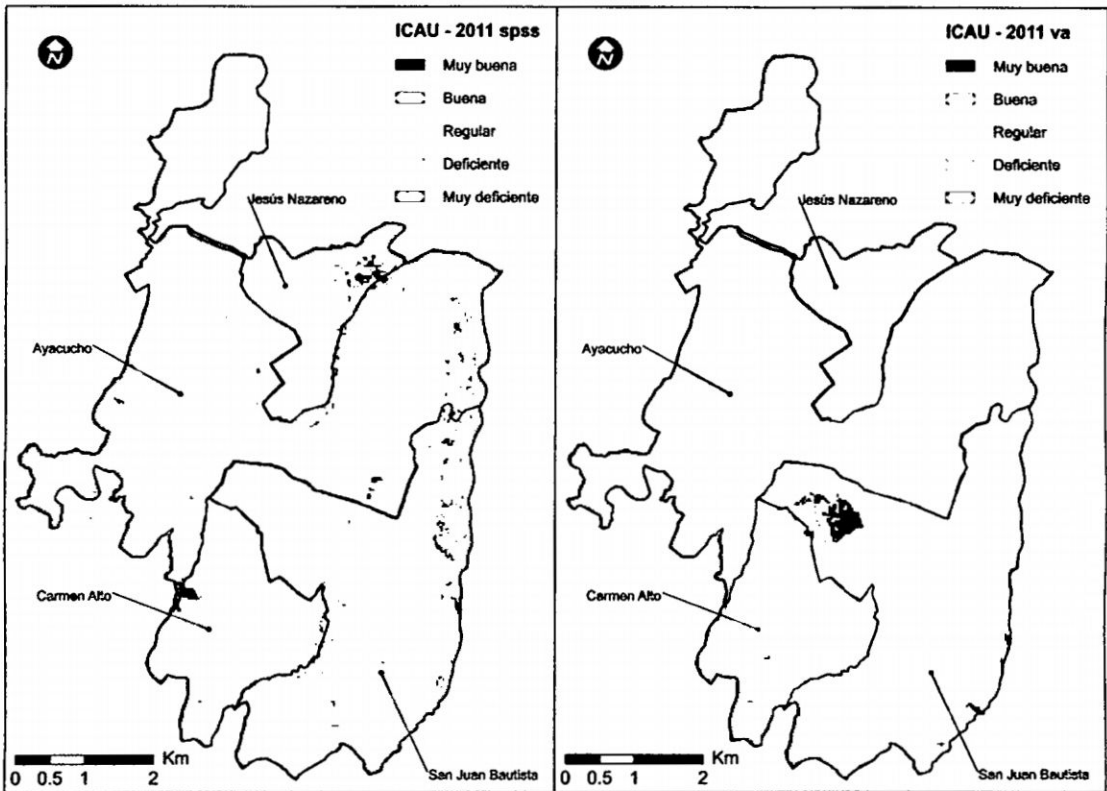


Ilustración 4.23: Índices de calidad ambiental urbano rescalados para el 2011 obtenidos con el SPSS (derecha) y con variables de calidad de aire y ruido ambiental (izquierda).

En esta ilustración 4.23 se observa cómo ha evolucionado las distintas categorías de ICAU en el tiempo.

Se observa claramente que las zonas con calidad ambiental muy deficiente ha aumentado considerablemente de 600 a 1135 hectáreas y contrariamente

los de Muy buena calidad ambiental han decrecido, de 182 hectáreas en 1986 a 99 hectáreas en el 2011.

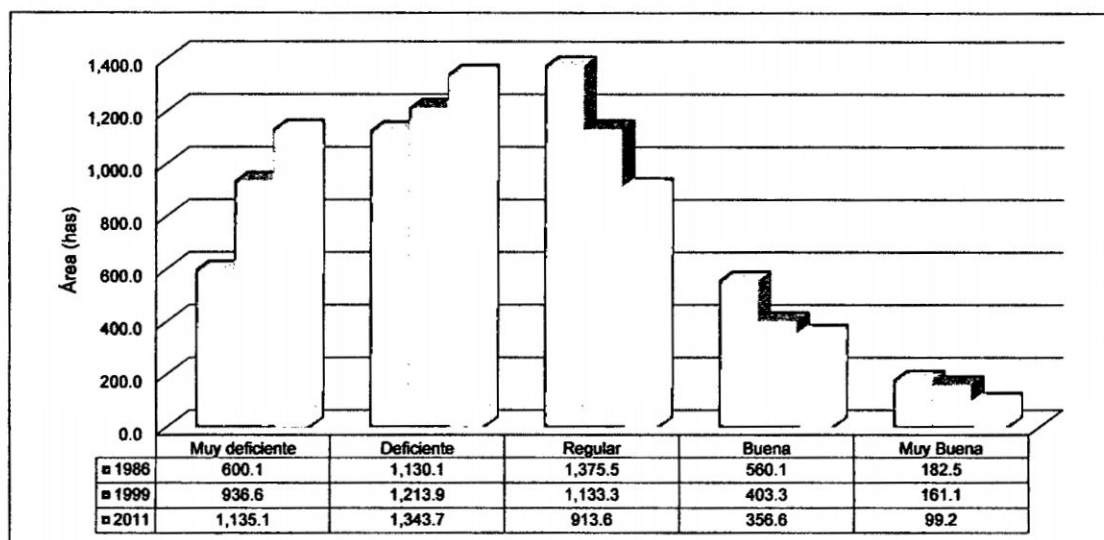


Ilustración 4.24: Evolución temporal de categorías del Índice de calidad ambiental urbano.

Asimismo la variación espacial del ICAU es diferencia entre distritos, siendo Ayacucho el que más ha evolucionado el tipo de ICAU muy deficiente y deficiente, pero en Jesús Nazareno y San Juan Bautista los cambios no son drásticos, incluso hay una mejoría en el 2011 con respecto a 1986. Siendo para el 2011 las zonas de Totorilla, Huatatas, Alameda y Ñahuinpuquio los que tienen mejor ICAU.

En 1986, Ayacucho y San Juan Bautista tenían el Buena y Muy buena calidad ambiental como se aprecia en la Ilustración 4.24.

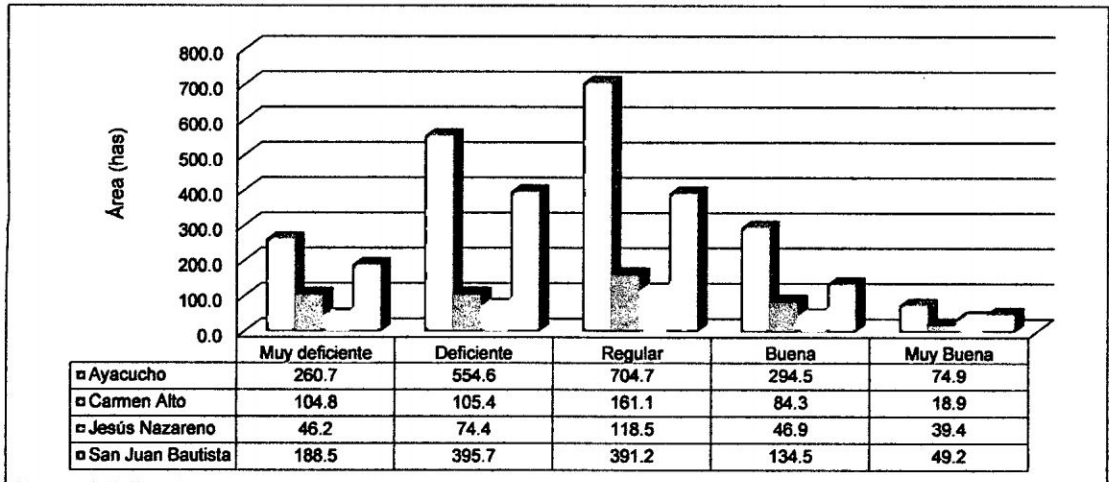


Ilustración 4.25: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 1986.

En 1999, el distrito de Ayacucho empieza a deteriorarse ya que la calidad ambiental muy deficiente y deficiente se incrementa en número de áreas

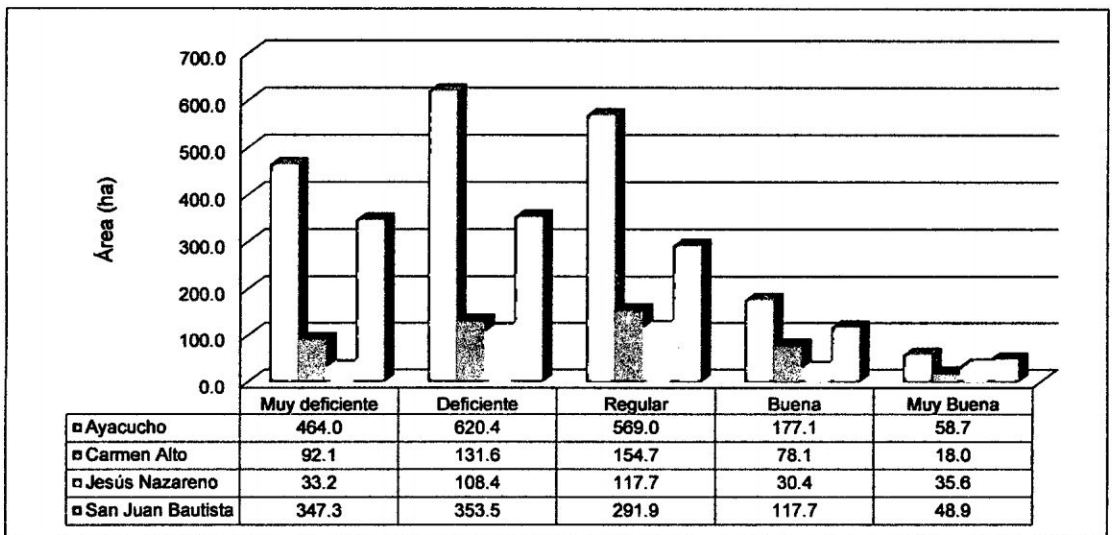


Ilustración 4.26: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 1999.

En Carmen Alto el índice de calidad ambiental regular experimenta una mejoría, de 154.7 hectáreas en 1986 a 167.8 hectáreas en 1999. En general los que más cambios sufren es Ayacucho y Jesús Nazareno; mientras hay

un cambio moderado en San Juan y una estabilidad y mejoría en Carmen Alto.

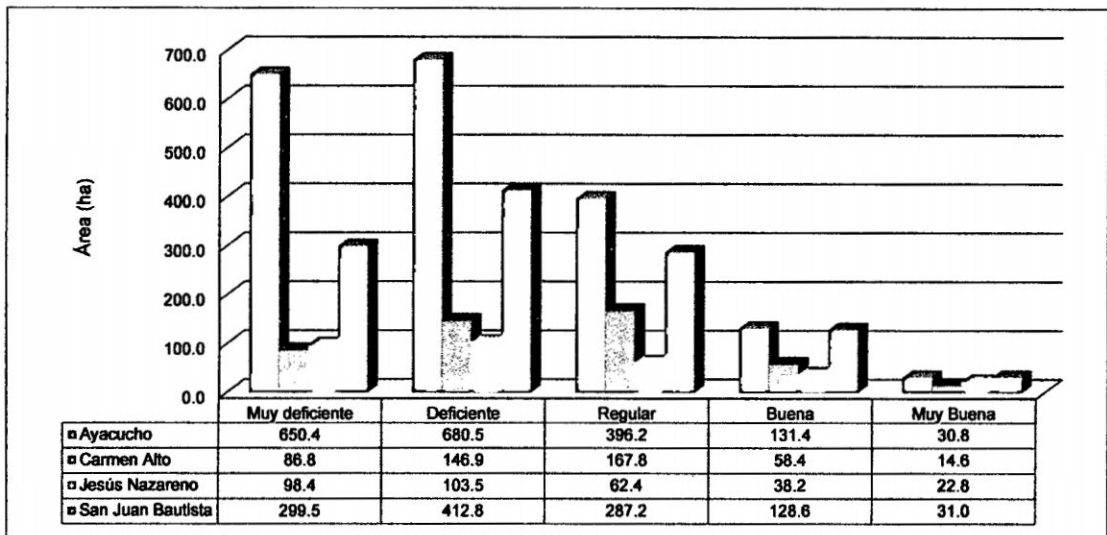


Ilustración 4.27: Evolución espacial de categorías del Índice de calidad ambiental urbano para el periodo 2011.

Para el 2011, los cambios son más diferenciados y en mayor escala en Ayacucho se reducen tremendamente las de la calidad Muy buena, Buena y Regular y se incrementa las zonas que presentan índice de calidad ambiental muy deficiente y deficiente en casi tres veces, 260.7 hectáreas en 1986 a 650 hectáreas en el 2011 con ICAU muy deficiente, asimismo con ICAU muy buena de 74.5 hectáreas en 1986 a escasos 30 hectáreas para el 2011. Finalmente, los distritos de Ayacucho y Jesús Nazareno es que ha empeorado en los índices de calidad ambiental drásticamente, mientras Carmen Alto mantiene cierta estabilidad y hasta creciente mejoría y San Juan Bautista ha empeorado solo un poco y mantiene cierta estabilidad a comparación de Ayacucho y Jesús Nazareno.

4.4. Jerarquización de calidad ambiental por distrito y por uso del suelo urbano

4.4.1. Jerarquización de la calidad ambiental por distrito

Para clasificar los distritos, con los componentes establecidos se procede a realizar el análisis de conglomerados, para lo cual se ha utilizado el análisis de conglomerados jerárquico. El conglomerado jerárquico se caracteriza por el desarrollo de una jerarquía o estructura de árbol (dendograma). De este modo, los clusters están formados solamente por la unión de los grupos existentes, así cualquier miembro de un cluster puede trazar su relación en un irrompible sendero que comenzaría con una simple relación. Los métodos jerárquicos pueden ser por Aglomeración o por División, con la aglomeración jerárquico se determinó el número de conglomerados, mientras para la caracterización específica de los cluster se utilizó la conglomeración de K medias, para lo cual se utilizó valores promedios de ICAU y de los factores sintéticos determinados con el Análisis de Componentes.

Para representar la estructura jerárquica de la formación de los conglomerados se utiliza el dendograma, un gráfico que tiene forma de árbol invertido. Así, a partir de los K elementos observados podemos identificar desde 1 hasta K clusters, según el número de grupo que queramos obtener, sin más que realizar la segmentación horizontal adecuada.

En la bibliografía, recomiendan trabajar con datos estandarizados, para eliminar el efecto de la escala de medida, y así poder aplicar el análisis sobre variables que presentan similares valores medios y desviaciones estándar, lo cual facilita la interpretación.

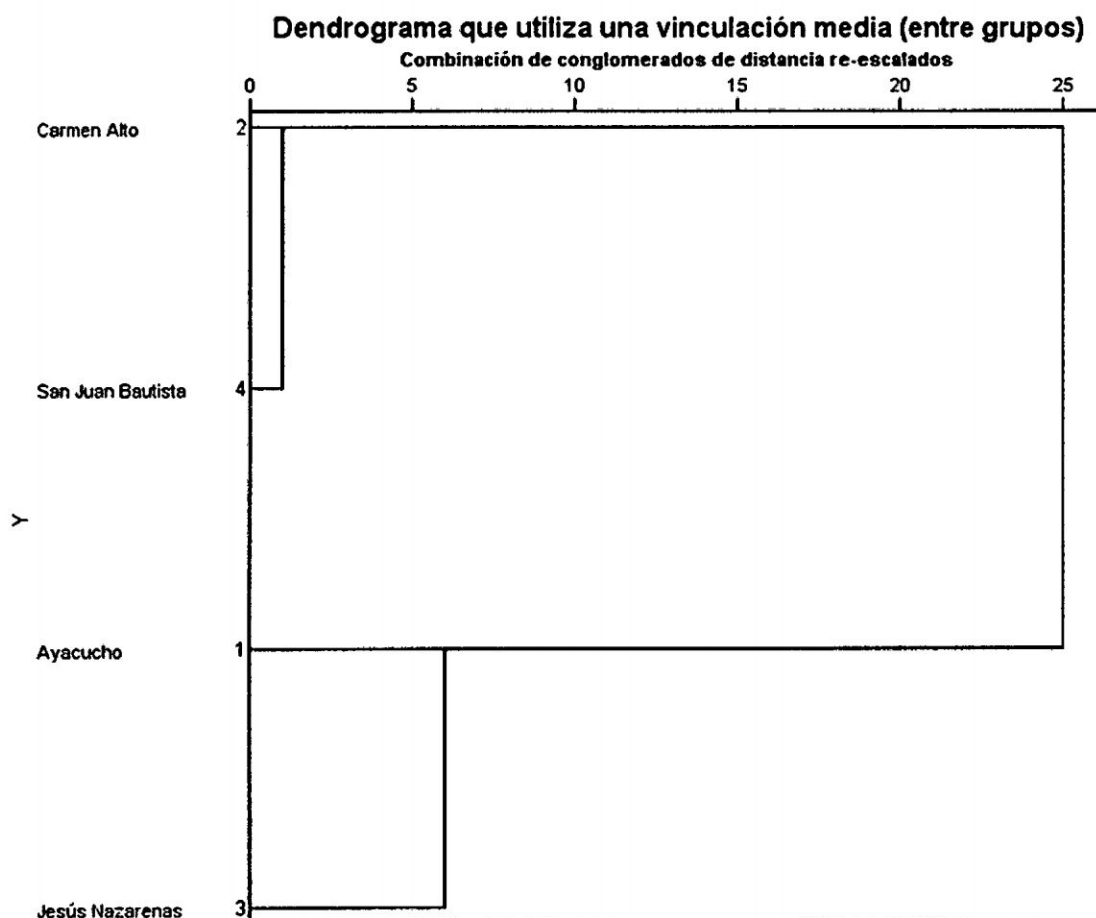


Ilustración 4.28: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 2011.

En el dendrograma queda reflejada la formación de los conglomerados, así como las distancias entre ellos. En este caso, mediante una clasificación visual se establecen 3 grupos de conglomerados y son: 1) Carmen Alto y San Juan Bautista; 2) Ayacucho; y, 3) Jesús Nazarenas.

Tabla 4.8: Pertenencia de los conglomerados para el 2011.

Número de caso	Distrito	Conglomerado	Distancia
1	Ayacucho	1	,000
2	Carmen Alto	2	,056
3	Jesús Nazareno	3	,000
4	San Juan Bautista	2	,056

El dendograma también nos sirve para saber la composición de cada cluster en cada paso, pero en nuestro caso debido a la complejidad del árbol, agruparlos de manera visual se hace dificultoso, por tanto se somete al análisis de conglomerados por el método de K medias. Con el que se obtiene el cuadro de pertenencia, que en resumen se trata de establecer la composición de los conglomerados y su distancia al centro de conglomerado. Luego los conglomerados han sido organizados por la distancia de cada distrito al centro del conglomerado como se muestra en la tabla 4.8.

Se puede comprobar, que la observación más distante al resto es el distrito San Juan Bautista y Carmen Alto, ya que es la última (mayor distancia) en incorporarse al cluster final. Por el contrario, las observaciones más cercanas entre sí son Jesús Nazareno y Ayacucho.

Tabla 4.9: Distancia entre los centros de los conglomerados finales para el 2011.

Conglomerado	1	2	3
1		,402	,281
2	,402		,638

Conglomerado	1	2	3
3	,281	,638	

La Tabla 4.9 muestra las distancias entre pares de cluster finales que nos permiten constatar cuán próximos o alejados están unos de otros, por ejemplo la distancia existente entre 1 y 2 es 0.402.

Tabla 4.10: Centros iniciales de los conglomerados para el 2011.

	Conglomerado		
	1	2	3
Intensidad de calor, C1_2011	,569	,507	,550
Humedad del suelo, HS2_2011	,542	,496	,470
Vigor de la vegetación, VE3_2011	,709	,726	,716
Calidad del aire, CaAi1_2011_Va	,773	,381	,963
Ruido ambiental, CaAc2_2011_Va	,678	,818	,492
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	,349	,419	,399

Tabla 4.11: Centros de los conglomerados finales para el 2011.

	Conglomerado		
	1	2	3
Intensidad de calor, C1_2011	,569	,527	,550
Humedad del suelo, HS2_2011	,542	,499	,470
Vigor de la vegetación, VE3_2011	,709	,732	,716
Calidad del aire, CaAi1_2011_Va	,773	,391	,963
Ruido ambiental, CaAc2_2011_Va	,678	,770	,492
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	,349	,404	,399

En la Tabla 4.11 se ofrece los centros de los conglomerados finales, es decir los centros de los conglomerados tras el proceso de actualización iterativa. Comparando los centros finales de esta tabla con los centros iniciales (antes

de itinerar) de la Tabla 4.10 se puede apreciar con claridad un desplazamiento del centro del conglomerado 2 hacia la parte inferior del plano definido por las 6 variables de clasificación y en algunos hay un aumento, como se muestra en el cuadro siguiente:

	Conglomerado		
	1	2	3
Intensidad de calor, C1_2011	Muy alto	Bajo	Alto
Humedad del suelo, HS2_2011	Muy bajo	Alto	Bajo
Vigor de la vegetación, VE3_2011	Bajo	Muy alto	Alto
Calidad del aire, CaAi1_2011_Va	Baja	Muy alto	Muy bajo
Ruido ambiental, CaAc2_2011_Va	Alto	Alto	Muy bajo
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	Muy bajo	Alto	Bajo

Esta tabla es de gran utilidad para interpretar la constitución de los conglomerados pues resume los valores centrales de cada conglomerado en las variables de interés. La interpretación de los resultados en este caso es el siguiente:

Conglomerado 1, constituido por distritos con muy alta intensidad de calor, muy baja humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, baja calidad del aire, alto ruido ambiental o contaminación acústica y de muy bajo índice de calidad ambiental, en este grupo se ubica el distrito de Ayacucho y como tal es el distrito de muy mala calidad ambiental.

Conglomerado 2, constituido por distritos con bajo intensidad de calor, alta humedad del suelo, muy alto vigor de la vegetación, con muy alta calidad de aire, alto ruido ambiental pero con alto índice de calidad, en este grupo se

ubican los distritos de Carmen Alto y San Juan Bautista, siendo estos el que presenta muy buena calidad ambiental.

Conglomerado 3, constituido por el distrito con alto intensidad de calor, bajo humedad del suelo, alto vigor de la vegetación, muy bajo calidad del aire, muy bajo ruido ambiental y con bajo índice de calidad, en este grupo se ubica el distrito de Jesús Nazareno, es el distrito que ocupa un segundo lugar en calidad ambiental.

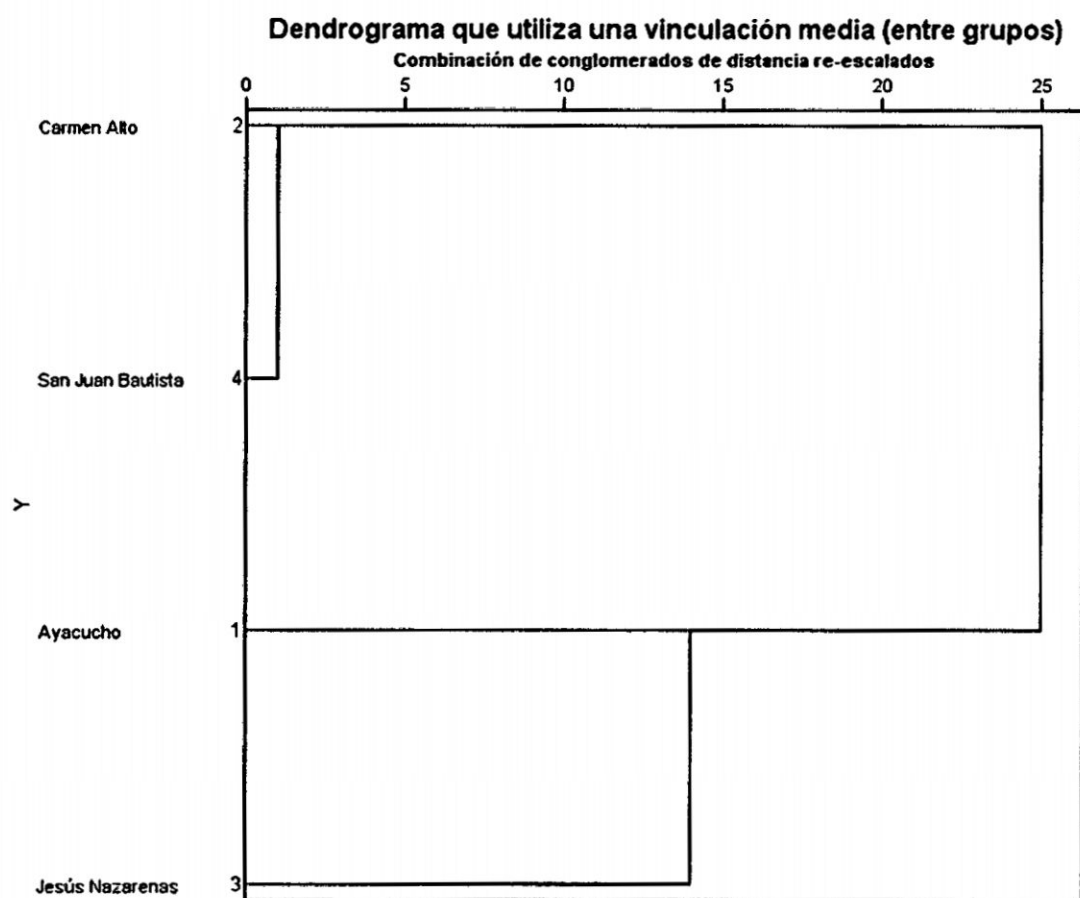


Ilustración 4.29: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 1986.

Para el año 1986, los conglomerados son: 1) Ayacucho; 2) Carmen Alto y San Juan Bautista; y, 3) Jesús Nazareno. Con respecto al 2011 no hay cambio en el grupo de distritos.

Conglomerado 1, constituido por el distrito con alto intensidad de calor, baja humedad del suelo, alto vigor de la vegetación y con alto índice de calidad ambiental, y como tal es el distrito de mala calidad ambiental.

Conglomerado 2, constituido por distritos con muy alto intensidad de calor debido a que en este año hay mayor área sin vegetación por ello presentan altas temperaturas, alta humedad del suelo, muy alto vigor de la vegetación y con muy alto índice de calidad ambiental, este grupo presentaban muy buena calidad ambiental.

Conglomerado 3, constituido por el distrito con bajo intensidad de calor, muy alto humedad del suelo, alto vigor de la vegetación y con muy alto bajo índice de calidad ambiental, este distrito ocupaba un segundo lugar en calidad ambiental.

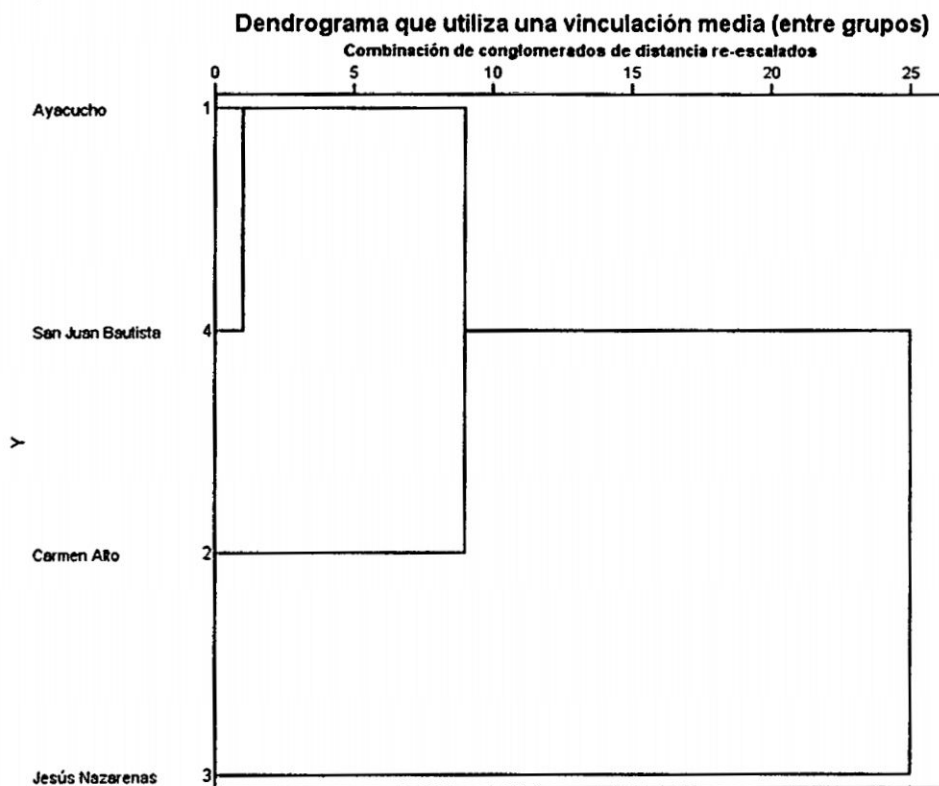


Ilustración 4.30: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerados para 1999.

Para el año 1999, los conglomerados son: 1) Ayacucho y San Juan Bautista; 2) Carmen Alto, y, 3) Jesús Nazareno. Con respecto al 2011 y 1986 hay un cambio en la formación de grupos.

Conglomerado 1, constituido por distritos con muy alto intensidad de calor, muy bajo humedad del suelo, alto vigor de la vegetación y con muy bajo índice de calidad ambiental, estos distritos presentaban mala calidad ambiental.

Conglomerado 2, constituido por distritos con muy alto intensidad de calor, alto humedad del suelo, muy alto vigor de la vegetación y con alto índice de calidad ambiental, este grupo presentaban muy buena calidad ambiental.

Conglomerado 3, constituido por el distrito con alto intensidad de calor, muy alto humedad del suelo, alto vigor de la vegetación y con muy alto índice de calidad ambiental, este distrito ocupaba el primer lugar en calidad ambiental seguido de Carmen Alto.

Tabla 4.12: Resumen de evolución de la calidad ambiental por distritos.

Distrito	1986	1999	2011
Ayacucho	Mala calidad ambiental	Mala calidad ambiental	Muy mala calidad ambiental
San Juan Bautista	Muy buena calidad ambiental	Mala calidad ambiental	Muy buena calidad ambiental
Carmen Alto	Muy buena calidad ambiental	Buena calidad ambiental	Muy buena calidad ambiental
Jesús Nazarenas	Buena calidad ambiental	Muy buena calidad ambiental	Buena calidad ambiental.

Los cambios importantes están en San Juan Bautista y luego Carmen Alto, debido a que durante la década del 80, las familias campesinas migraron intensamente adquiriendo un carácter compulsivo, debido a la violencia sociopolítica que obligó a miles de familias campesinas abandonar sus pueblos para dirigirse a la ciudad, convirtiendo a ésta en un espacio de refugio y protección. Donde poco a poco estos espacios fueron cambiando a una zona de buena calidad ambiental que brinda una calidad de vida, como es el caso de Acuchimay que se revistió de verdor, cuando este fue una zona pelada y roquedal. Mientras el distrito de Ayacucho está deteriorándose constantemente debido a que el distrito tiene mayor área de sus calles

asfaltadas y es una zona comercial donde regula la rentabilidad, en Jesús Nazareno casi no hubo cambios importantes.

4.4.2. Jerarquización de la calidad ambiental por uso de suelo

Los tipos de usos establecidos por el municipio provincial de Huamanga son 31 y que muestra en la Tabla 4.13 e Ilustración 7.31:

Tabla 4.13: Tipos de usos del suelo urbano establecido en plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018.

Tipos de usos	Nomenclatura
Área de expansión urbana	UE
Comercio central	C - 8
Comercio distrital	C - 5
Comercio especializado	CE
Comercio especializado nocturno 1	CEN - 1
Comercio especializado nocturno 2	CEN - 2
Comercio especializado nocturno 3	CEN - 3
Comercio intensivo	CI
Industria elemental y complementaria	I - 1
Industria liviana	I - 2
Industria mediana	IM
Reserva agrícola	RAg
Residencia de baja densidad	R - 1
Usos especiales	OU
Usos especiales con fines de salud	OUS
Usos especiales con fines de transporte	OUT
Usos especiales con fines educativos	OUE
Vivienda baja densidad	DB
Vivienda de alta densidad	DA
Vivienda de alta densidad reglamento especial	DA - RE
Vivienda de media densidad reglamento especial	DM - RE
Vivienda media densidad con restricciones	DMr
Zona arqueológica	ZAR
Zona de protección de riberas	ZPR
Zona de reglamentación especial - C.HTCO	ZRE - CH
Zona de reserva paisajística	ZRP
Zona recreativa	ZR
Zona tratamiento especial protección de suelos	ZTE - PS
Zona turismo recreativo	ZTR
Zona de protección ambiental	ZPA
Vivienda de media densidad	DM

Área de expansión urbana (UE): Equipamiento Urbano que brinda diversos servicios a la ciudad, tales como son: Cementerio, terminal para el transporte interdistrital y a las provincias cercanas; la localización del mercado mayorista, Hospital. También debe comprender estudios de suelos correspondientes. No se permitirán canteras (actividad minera no metálica), por ser incompatible con los usos urbanos y por los severos impactos ambientales que genera en paisaje, flora, fauna, aguas superficiales y subterráneas, zonas agrícolas, depredación de suelos, desestabilización de laderas derrumbes, hundimientos, explosiones, uso de químicos, destrucción de vegetación contaminando el aire (polvo y material particulado-PPT), ruido, alteración de clima, afectación de grupos sociales, patrimonio, generación de residuos sólidos y efluentes mineros cuyo tratamiento y disposición deben estar normados, plan de manejo, plan de cierre, etc.

Comercio central (C – 8): Son centros comerciales mayoristas, mercados centrales, tiendas, etc.

Comercio distrital (C – 5): Son centros comerciales entre pequeños y medianos ubicados en cada distrito.

Comercio especializado (CE): En este grupo están conformados por agrupaciones siguientes:

Comercio especializado nocturno 1 (CEN – 1): En este grupo agrupa a discotecas, peñas.

Comercio especializado nocturno 2 (CEN – 2): Agrupa a Video Pubs, tabernas.

Comercio especializado nocturno 3 (CEN – 3): Prostíbulos y Night Club.

Comercio intensivo (CI): Son las zonas de mayor concurrencia.

Industria elemental y complementaria (I – 1): Comprendida entre grandes almacenes, talleres automotrices, grifo, talleres (pequeña, mediana empresa)

Industria liviana (I – 2): Comercio especial, industrial, agrícola interdistrital – centro de abastecimiento, centro comercial.

Industria mediana (IM): Son entidades independientes, con una alta predominancia en el mercado de comercio, quedando prácticamente excluidas del mercado industrial por las grandes inversiones necesarias y por las limitaciones que impone la legislación en cuanto al volumen de negocio y de personal.

Reserva agrícola (RAg): Comprende los insumos agrícolas producidas que suministra a la ciudad y es fuente importante para la Región; También comprende los bosques naturales y forestadas.

Residencia de baja densidad R – 1: Con una reglamentación especial, ya que según el estudio de Estudio de Prevención de Desastres (INDECI) el terreno en esta zona tiene baja resistencia.

Usos especiales (OU): Comprende los siguientes.

Usos especiales con fines de salud (OUS): Comprende el hospital Regional, Hospital de EsSALUD; Centros de Salud, Puestos de Salud, PNP, Bomberos.

Usos especiales con fines de transporte (OUT): Conformados por vías que accede el ingreso a la ciudad.

Usos especiales con fines educativos (OUE): Son áreas que ocupan los centros educativos, tales como jardines de infancia, escuelas, colegios, universidades e institutos.

Vivienda baja densidad (DB): Viviendas que se ubican en la zona de Quicapata, cerca de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.

Vivienda de alta densidad (DA): Ubicadas en el centro de la ciudad, en las zonas pampas.

Vivienda de alta densidad reglamento especial (DA – RE): Constituido por viviendas ocupadas en las zonas de alto riesgo como en los aeropuertos, cuartel y centros de reclusión.

Vivienda de media densidad reglamento especial (DM – RE): Se caracteriza por situarse en zona de Alto Riesgo y Alta Vulnerabilidad, debido a que se ubican en las laderas de la ciudad que están propensos a deslizamientos por las altas precipitaciones.

Vivienda media densidad con restricciones (DMr): Se caracteriza por situarse en una zona de Alto Riesgo y Alta Vulnerabilidad, donde se debe restringir la altura de edificación, debido a que se ubica el aeropuerto y asentamientos.

Zona arqueológica (ZAR): Constituido por todos los bienes materiales e inmateriales que, por su valor histórico, arqueológico, artístico, arquitectónico, paleontológico, etnológico, documental, bibliográfico, científico o técnico tienen una importancia relevante para la identidad y permanencia de la Ciudad de Huamanga a través del tiempo.

Zona de protección de riberas ZPR: Agrupan a los ríos y quebradas que cruzan la ciudad.

Zona de reglamentación especial - C.HTCO (ZRE – CH): Comprende centros históricos de la ciudad.

Zona de reserva paisajística ZRP: Comprende las cortinas vegetales continuas, que garantizan a la ciudad como pulmones.

Zona recreativa (ZR): Comprende espacios naturales para la práctica de deportes de aventura, nuevas modalidades de turismo, losas deportivas y estadios, parques, etc.

Zona tratamiento especial protección de suelos (ZTE–PS): Comprende los suelos de ladera, ríos, riachuelos que presenta alta vulnerabilidad a las precipitaciones fuertes.

Zona turismo recreativo (ZTR): Orientado principalmente al turismo interno, como valles, paisajes, aguas termales, los centros arqueológicos, la arquitectura colonial como las iglesias y casas coloniales; fiestas tradicionales, artesanía, etc.

Zona de protección ambiental (ZPA): Comprende las vías que garanticen la evacuación de las aguas de lluvias y cortinas arbóreas que protejan el medio ambiente

Vivienda de media densidad (DM): Zonas que pueden poner en riesgo la vida de las personas.

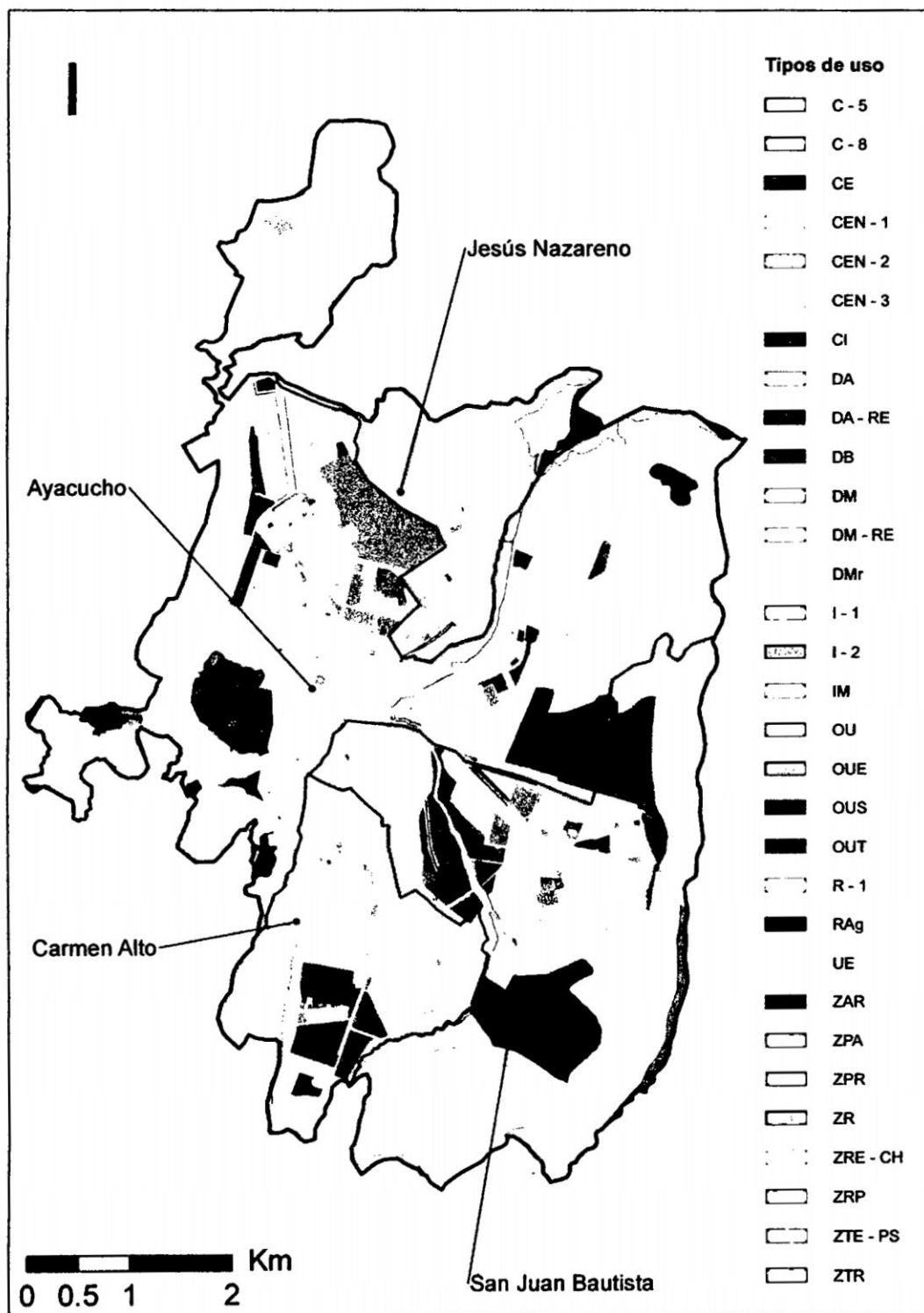


Ilustración 4.31: Mapa de zonificación integral de la Ciudad de Huamanga, Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018. Fuente: Municipalidad provincial de Huamanga, 2008.

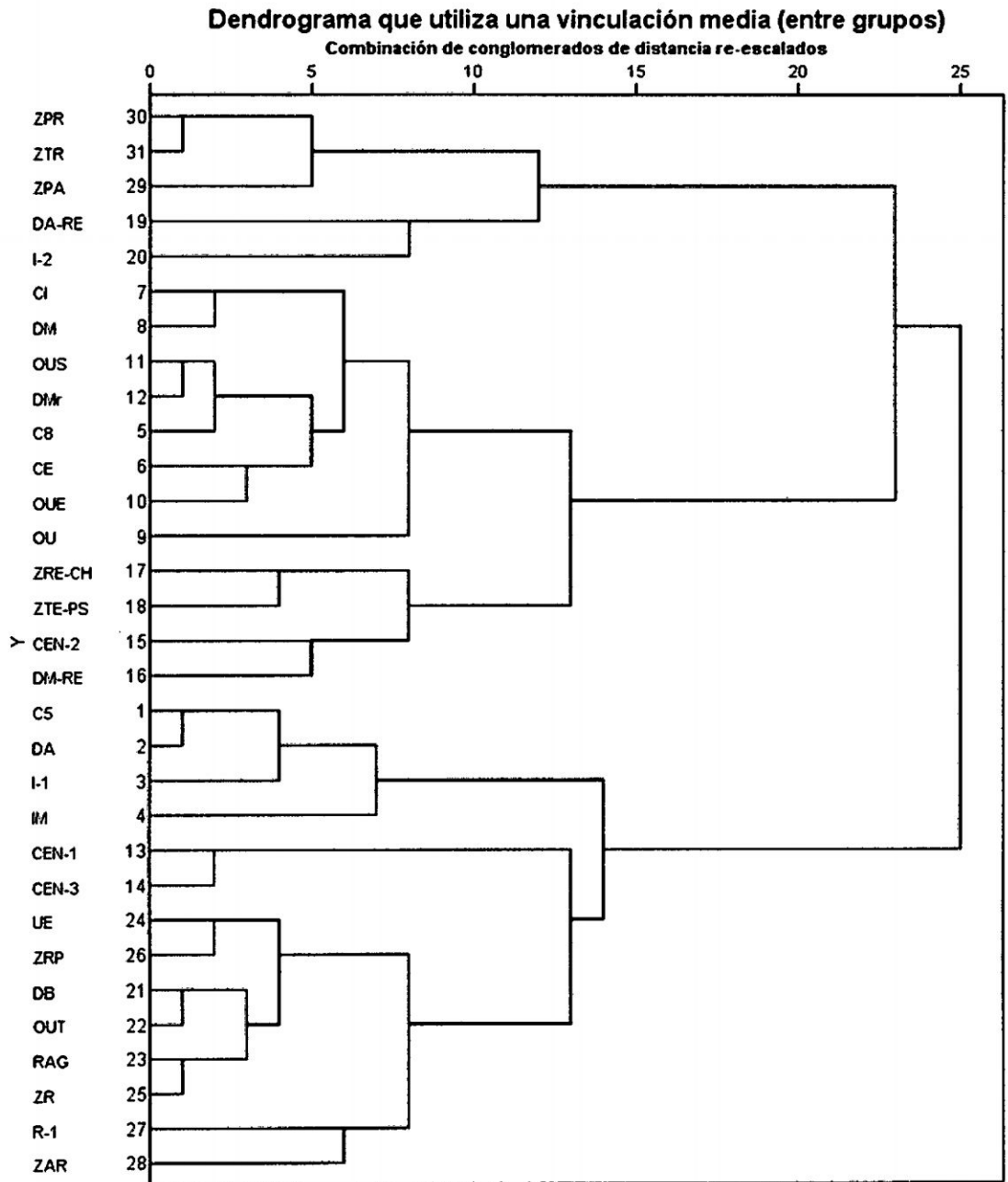


Ilustración 4.32: Dendrograma del análisis jerárquico de conglomerado para el 2011.

En el dendrograma queda reflejada la formación de los conglomerados, así como las distancias entre ellos. En este caso, visualmente se establecen 8 grupos de conglomerados.

Tabla 4.14: Pertenencia a los conglomerados para el 2011.

Número de caso	Usos	Conglomerado	Distancia
11	OUS	1	.086
10	OUE	1	.096
6	CE	1	.104
5	C8	1	.136
9	OU	1	.157
2	DA	2	.098
20	I-2	2	.098
12	DMr	3	.109
18	ZTE-PS	3	.118
16	DM-RE	3	.125
17	ZRE-CH	3	.142
15	CEN-2	3	.148
3	I-1	4	.088
1	C5	4	.111
4	IM	4	.121
23	RAG	5	.075
25	ZR	5	.085
21	DB	5	.106
26	ZRP	5	.113
22	OUT	5	.120
24	UE	5	.143
28	ZAR	5	.156
27	R-1	5	.199
14	CEN-3	6	.057
13	CEN-1	6	.057
30	ZPR	7	.091
8	DM	7	.114
29	ZPA	7	.116
31	ZTR	7	.139
7	CI	7	.148
19	DA-RE	8	0.00

A través del análisis de conglomerados por el método de K medias se obtiene el cuadro de pertenencia. Luego los conglomerados han sido organizados por la distancia de cada comuna al centro del conglomerado. Se puede comprobar, que la observación más distante al resto es el tipo de uso "vivienda de alta densidad reglamento especial" (DA-RE), ya que es la última mayor distancia en incorporarse al cluster final, seguida del tipo de usos "Comercio intensivo" (CI). Por el contrario, las observaciones más cercanas entre sí son los tipos de "usos especiales con fines de salud" (OUS), seguida

de “usos especiales con fines educativos” (OUE). En cada grupo de conglomerados, se resalta en verde el uso más cercana al centro del conglomerado; por tanto, queda como el uso representativo del conglomerado.

Tabla 4.15: Distancia entre los centros de los conglomerados finales.

Conglomerado	1	2	3	4	5	6	7	8
1		,339	,213	,373	,335	,529	,229	,334
2	,339		,495	,228	,393	,457	,190	,287
3	,213	,495		,455	,315	,500	,358	,515
4	,373	,228	,455		,222	,281	,267	,479
5	,335	,393	,315	,222		,256	,330	,572
6	,529	,457	,500	,281	,256		,420	,670
7	,229	,190	,358	,267	,330	,420		,259
8	,334	,287	,515	,479	,572	,670	,259	

La tabla anterior muestra las distancias entre pares de cluster finales que nos permiten constatar cuán próximos o alejados están unos de otros, por ejemplo la distancia existente entre 1 y 2 es 0.339.

Tabla 4.16: Centros iniciales de los conglomerados.

	Conglomerado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	,296	,382	,332	,349	,311	,437	,451	,422
Intensidad de calor, INCAL_2011	,676	,497	,514	,595	,648	,425	,509	,463
Humedad del suelo, HUS_2011	,503	,589	,638	,506	,512	,575	,447	,542
Vigor de vegetación, VEG_2011	,746	,757	,633	,736	,776	,727	,787	,688
Calidad del aire, CoAi_2011	,733	,626	,926	,370	,496	,397	,747	,837
Ruido ambiental, Co_Ac_2011	,659	,347	,878	,618	,902	,836	,554	,313

Tabla 4.17: Centros de los conglomerados finales.

	Conglomerado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	,322	,391	,324	,385	,358	,468	,439	,422
Intensidad de calor, INCAL_2011	,596	,500	,564	,546	,579	,412	,465	,463
Humedad del suelo, HUS_2011	,552	,560	,591	,502	,515	,534	,519	,542
Vigor de vegetación, VEG_2011	,697	,720	,670	,713	,743	,718	,721	,688
Calidad del aire, CoAi_2011	,831	,576	,862	,471	,568	,414	,708	,837
Ruido ambiental, Co_Ac_2011	,803	,416	,805	,604	,796	,827	,533	,313

Comparando los centros finales con los centros iniciales se puede apreciar con claridad un desplazamiento del centro del conglomerado 1 al 7 hacia la parte inferior del plano definido por las 6 variables de clasificación, mientras en algunos hay un aumento, como se muestra en el cuadro siguiente:

	Conglomerado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Índice de calidad ambiental, ICA_2011	Muy bajo	Bajo	Muy bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto
Intensidad de calor, INCAL_2011	Muy alto	Bajo	Alto	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Muy bajo
Humedad del suelo, HUS_2011	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Alto
Vigor de vegetación, VEG_2011	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Muy alto	Bajo	Bajo	Bajo
Calidad del aire, CoAi_2011	Muy alto	Alto	Muy alto	Bajo	Alto	Bajo	Alto	Muy alto
Ruido ambiental, Co_Ac_2011	Alto	Bajo	Muy alto	Alto	Alto	Muy alto	Bajo	Muy bajo

Conglomerado 1, Comercio central (C8), Comercio especializado (CE), Usos especiales (OU), Usos especiales con fines educativos (OUE), Usos especiales con fines de salud (OUS). Se caracterizan con muy bajo índice de calidad ambiental, alto intensidad de calor, alto humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, muy alto contaminación del aire y alto ruido ambiental.

Conglomerado 2, Vivienda de alta densidad (DA), Industria liviana (I-2), se caracterizan con bajo índice de calidad ambiental, bajo intensidad de calor, bajo humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, alto contaminación del aire y bajo ruido ambiental.

Conglomerado 3, Vivienda media densidad con restricciones (DMr), Zona tratamiento especial protección de suelos (ZTE-PS), Vivienda de media densidad reglamento especial (DM_RE), Zona de reglamentación especial -

centro histórico de Huamanga (ZRE-CH), Comercio especializado nocturno 2 (CEN 2). Se caracterizan con muy bajo índice de calidad ambiental, alto intensidad de calor, bajo humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, muy alto contaminación del aire y muy alto ruido ambiental.

Conglomerado 4, Industria elemental y complementaria (I-1), Comercio distrital (C5) e Industria mediana (IM). Se caracterizan con alto índice de calidad ambiental, alto de intensidad de calor, bajo humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, bajo contaminación del aire y alto ruido ambiental.

Conglomerado 5, Reserva agrícola (RAG), Zona recreativa (ZR), Vivienda baja densidad (DB), Zona de reserva paisajística (ZRP), Usos especiales con fines de transporte (OUT), Área de expansión urbana (UE), Zona arqueológica (ZAR), Residencia de baja densidad (R-1). Se caracterizan con alto índice de calidad ambiental, alto intensidad de calor, alta humedad del suelo, muy alto vigor de la vegetación, alto contaminación del aire y alto ruido ambiental.

Conglomerado 6, Comercio especializado nocturno 3 (CEN-3), Comercio especializado nocturno 1 (CEN-1). Se caracterizan con alto índice de calidad ambiental, bajo intensidad de calor, bajo humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, baja contaminación del aire y muy alto ruido ambiental.

Conglomerado 7, Zona de protección de riberas (ZPR), Vivienda de media densidad (DM), Zona de protección ambiental (ZPA), Zona turismo recreativo (ZTR), Comercio intensivo (CI). Se caracterizan con alto índice de calidad ambiental, muy bajo intensidad de calor, alta humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, muy alto contaminación del aire y muy alto ruido ambiental.

Conglomerado 8, Vivienda de alta densidad reglamento especial (DA-RE). Se caracterizan con alto índice de calidad ambiental, muy bajo intensidad de calor, alto humedad del suelo, bajo vigor de la vegetación, muy alto contaminación del aire y muy bajo ruido ambiental.

4.5. Comparación del ICAU con antecedentes del territorio

Este análisis trata de indagar sobre la calidad ambiental en la Ciudad de Huamanga, para lo cual se revisa el conjunto de acciones dirigidas a la conservación de los suelos; manejo de forestales y áreas verdes; en razón de que la problemática de deterioro y mal uso de los recursos naturales ejerce influencia en la calidad ambiental urbano. Esta situación repercute en el desarrollo de la sociedad y en la calidad de vida de su población.

Este análisis permite reflexionar sobre la actividad humana sobre el territorio urbano en la que las aéreas ocupadas por los campesinos se encuentran en muy buena calidad ambiental debido a que en la vivencia campesina la relación es intrínseca entre tierra y territorio con el ecosistema, porque es de

sobrevivencia y esta tiene impacto positivo en la calidad ambiental. Caso contrario en la zona urbana donde el territorio y ecosistema es desagregado y desligado por ende trae consecuencia negativas en la calidad de ambiental urbana y dentro de esta se encuentra el distrito de Ayacucho que requiere **construir verdaderas alternativas de autogestión social, económica, política y cultural**, a partir de las propias instituciones locales y fortalecer visiones de vida urbana para mejorar y preservar la calidad ambiental de la Ciudad de Huamanga.

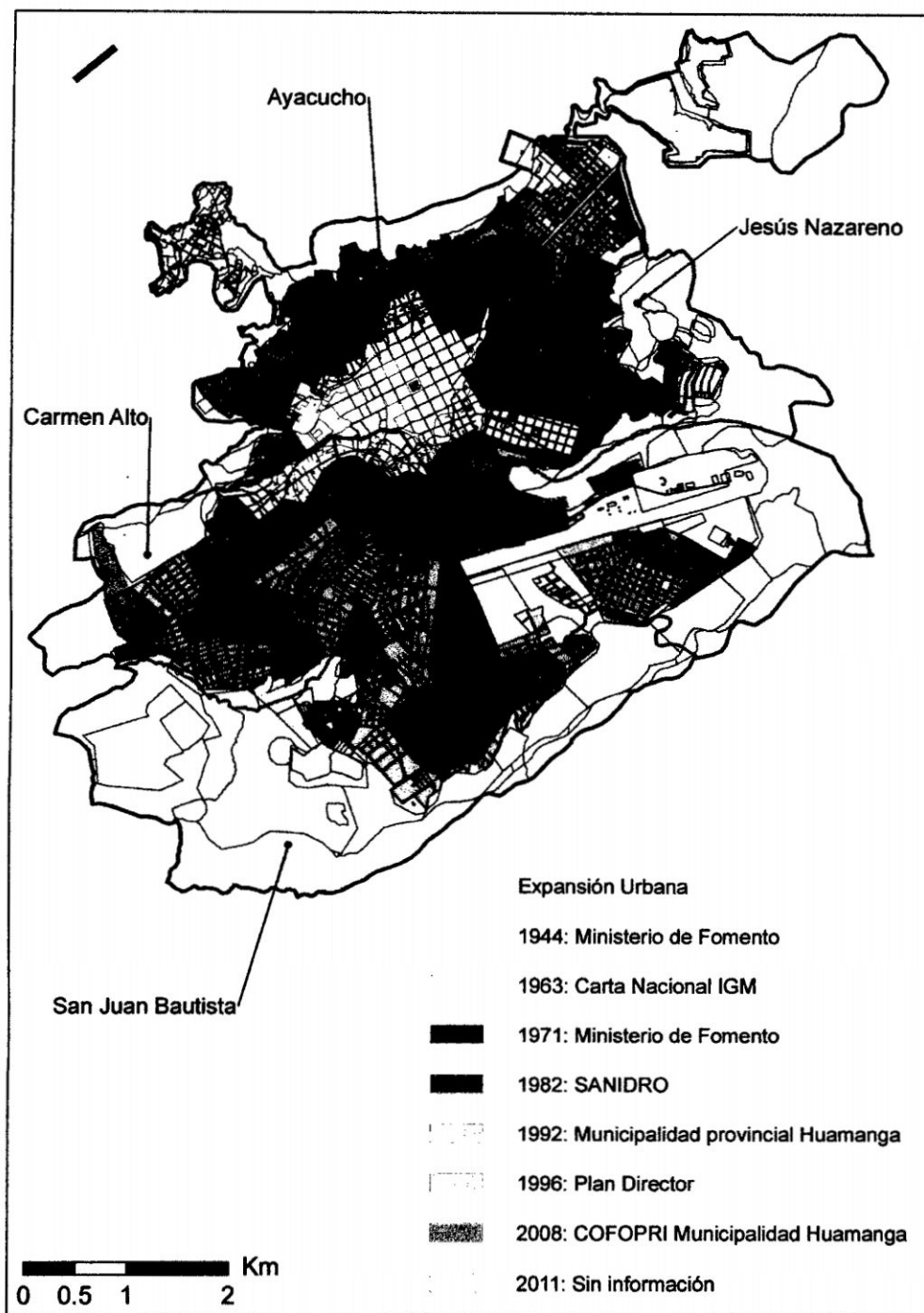


Ilustración 4.33: Mapa de evolución urbana de la Ciudad de Huamanga, Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018. Fuente: Municipalidad provincial de Huamanga, 2008.

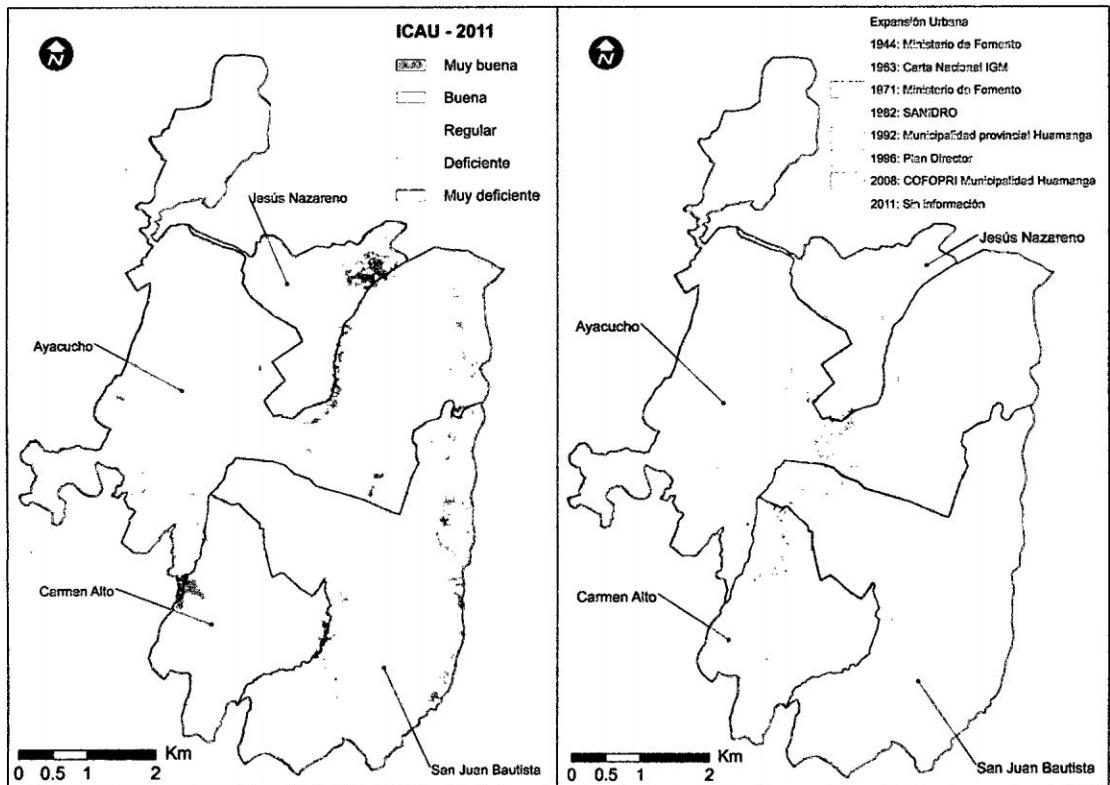


Ilustración 4.34: Comparación de mapa de evolución urbana con índice de calidad ambiental.

De la ilustración 4.34 se puede apreciar que la expansión urbana inicia desde 1994 en forma radio céntrica pero que a la vez la calidad ambiental el peor índice de calidad ambiental y esta fue peor conforme fueron incrementando la población a pesar de que esta población se halla en suelos de muy buena calidad caso del distrito de Ayacucho. Mientras que las poblaciones que ocuparon en los últimos años, caso de los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto, quienes ocuparon en suelos de mala calidad pero vienen mejorando y no deteriorando como en el centro histórico de Huamanga, aunque gran parte del área urbana aparece sin información y eso limita el análisis.

Esta mejora de la calidad ambiental a pesar de que se ubicaron en suelos de mala calidad tiene explicación y la explicación es que gran parte de esta población son campesinos que migraron con su cultura y en la cultura campesina prima el controlar y conservar el territorio con sus ecosistemas y en ese espacio vital construir verdaderas alternativas de autogestión social, económica, política y cultural de las comunidades, a partir de las propias instituciones tradicionales y visiones de vida, para que las condiciones del índice ambiental mejoren o permanecen estables o si empeoran no sucede drásticamente como ocurre en el distrito de Ayacucho.

Comparación del ICAU con antecedentes del territorio.

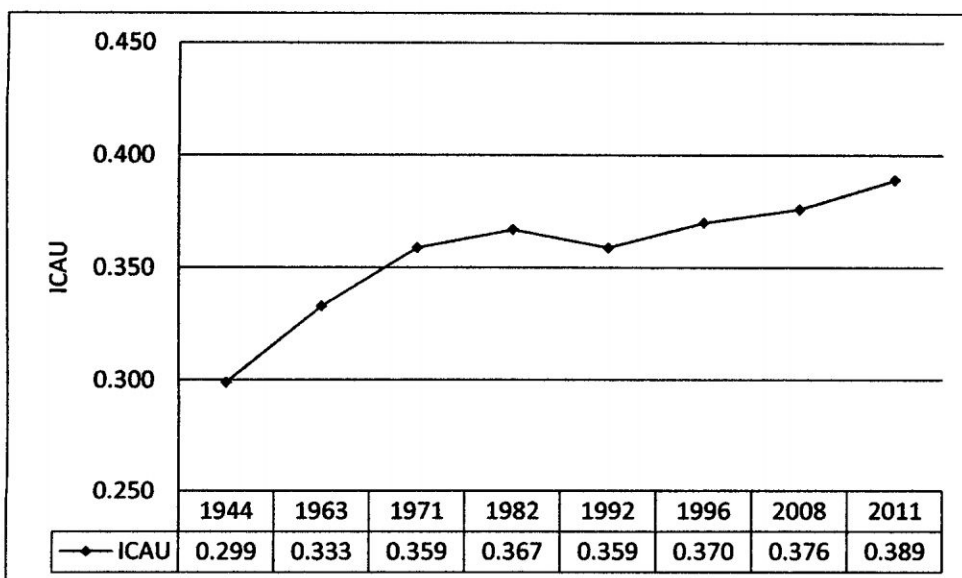


Ilustración 4.35: Evolución del ICAU con respecto a la expansión urbana de la Ciudad de Huamanga.

A nivel general en el total del área urbana, conforme va avanzando la mancha urbana, el índice de calidad urbana no muestra mayores cambios ya que la curva es creciente; inclusive hasta parece mejorarse la calidad ambiental. Esto en base a un promedio de píxeles y teniendo como máscara

los polígonos por separado y extraídos de la mapa de evolución urbana de la Ciudad de Huamanga del Plan de desarrollo urbano de la Ciudad de Huamanga 2008-2018 proporcionado por la oficina de catastro urbano de la Municipalidad provincial de Huamanga. Sin embargo, esta variación extraídos por distrito muestra clara diferencia ya que en algunos mejora y en otros se empeora la calidad ambiental urbano como se puede apreciar a continuación.

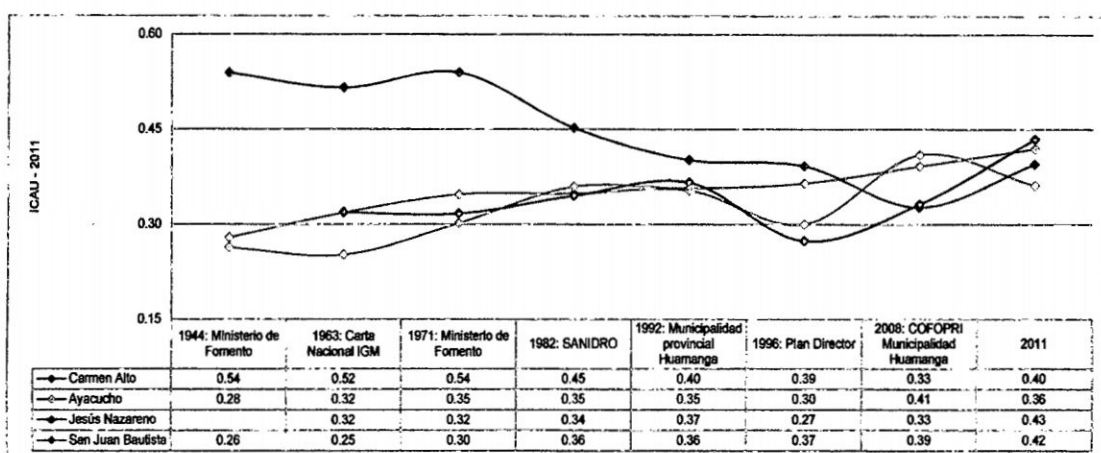


Ilustración 4.36: Evolución del ICAU con relación a la expansión de la mancha urbana categorizado por distrito.

Según la ilustración anterior, el distrito de Carmen Alto tenía los mejores índices de calidad ambiental en 1944, esto decrece y en 1966 empeora y en el 2011 muestra una recuperación. El distrito de Ayacucho, entre 1944 y 1992 no muestra mayores cambios en el nivel del ICAU, siempre mantuvo bajo y es en 1996 empeora y luego en 2008 mejora pero en el 2011 decae los índices de calidad ambiental y con respecto a los demás distrito es el que tienen peores índices de calidad ambiental. Por su parte el distrito de San

Juna Bautista si bien, entre 1963 y 1992 no presentó cambios significativos, sin embargo a partir de 1966 empieza a mejorarse y actualmente es el distrito que mejores índices juntamente con Jesús Nazareno; es decir, la expansión de la mancha urbana en el distrito de San Juan Bautista y Jesús Nazareno no ha afectado la calidad ambiental, cosa que sucede contrariamente en el distrito de Ayacucho, siendo el más perjudicado.

Esta situación comparando con las principales causas de morbilidad ocurridas en el 2011 resalta el problema de calidad ambiental en la salud pública como se puede apreciar en la ilustración siguiente.

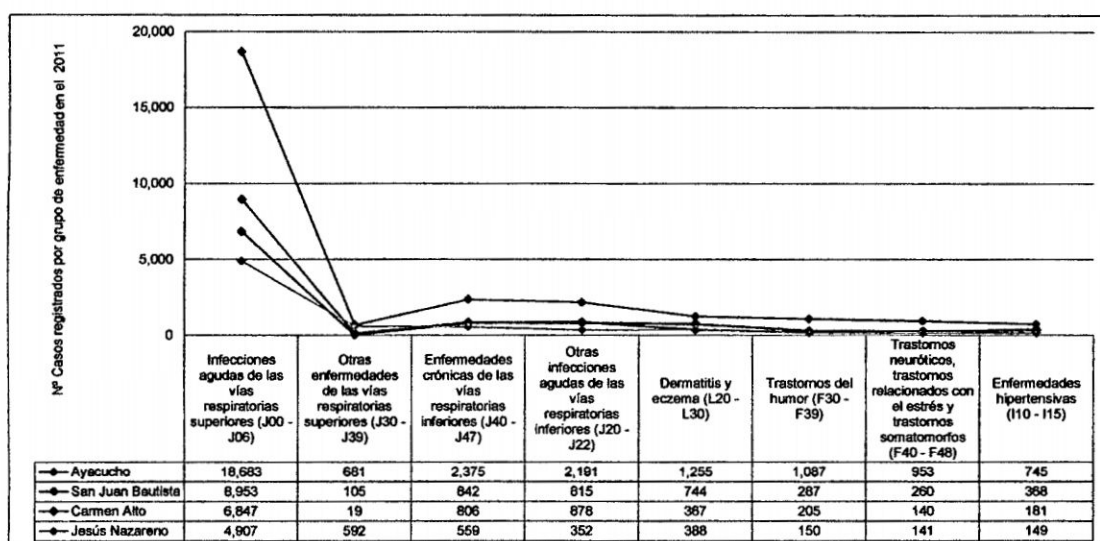


Ilustración 4.37: Principales grupos de causas de morbilidad asociados con la contaminación ambiental registrada en la Dirección de Salud Ayacucho durante el 2011. Fuente: Elaboración propia con datos de DIRESA, 2012.

Según las principales grupos de causas de morbilidad asociados con la contaminación ambiental,. El distrito de Ayacucho es el que registra mayor índice, seguido de San Juan Bautista; por su parte, el distrito de Jesús Nazareno es el que menos casos registra; es decir, hay menor número de

casos de enfermedades; aunque se trata solo casos que fueron atendidos en el hospital general, faltando a este análisis los casos de pacientes que acudieron a las clínicas particulares, en este sentido los casos registrados deben ser mayores a lo que presenta la DIRESA. Por tanto el problema de contaminación ambiental se va convirtiendo es un serio problema de salud pública en la Ciudad de Huamanga.

- Infecciones agudas de las vías respiratorias superiores (J00 - J06): Rinofaringitis aguda (resfriado común); catarro nasal agudo; coriza agudo y rinitis.
- Otras enfermedades de las vías respiratorias superiores (J30 - J39): Rinitis alérgica y vasomotora; rinitis, rinofaringitis y faringitis crónicas; sinusitis crónica; pólipos nasales; otros trastornos de la nariz y de los senos paranasales; enfermedades crónicas de las amígdalas y de las adenoides; absceso periamigdalino.
- Enfermedades crónicas de las vías respiratorias inferiores (J40 - J47): Bronquitis, no especificada como aguda o crónica; bronquitis crónica simple y mucopurulenta; enfisema; otras enfermedades pulmonares obstructivas crónicas; asma; estado asmático y bronquiectasia.
- Otras infecciones agudas de las vías respiratorias inferiores (J20 - J22): bronquitis aguda; bronquiolitis aguda; infección aguda no especificada de las vías respiratorias inferiores.

- **Dermatitis y eczema (I20 - I30):** Dermatitis atópica; dermatitis alérgica de contacto; dermatitis de contacto por irritantes; dermatitis exfoliativa; prurito y otras dermatitis.
- **Trastornos del humor (F30 - F39):** Trastorno afectivo bipolar; episodio depresivo; trastorno depresivo recurrente; trastornos del humor persistentes; otros trastornos del humor (afectivos).
- **Trastornos neuróticos, trastornos relacionados con el estrés y trastornos somatomorfos por molestias diversas (F40 - F48):** Trastornos fóbicos de ansiedad; otros trastornos de ansiedad; trastorno obsesivo-compulsivo; reacción al estrés grave y trastornos de adaptación; trastornos somatomorfos y otros trastornos neuróticos.
- **Enfermedades hipertensivas (I10 - I15):** Hipertensión esencial (primaria); enfermedad cardíaca hipertensiva, enfermedad renal hipertensiva; enfermedad cardiorenal hipertensiva; hipertensión secundaria.
- **Trastornos de la conjuntiva (H10 - H13):** conjuntivitis y otros trastornos de la conjuntiva.

El anterior datos, comparado con los índices de enfermedades asociadas a la polución atmosférica por combustibles fósiles, contaminación acústica y entre otros contaminantes ambientales se puede apreciar en la siguiente ilustración.

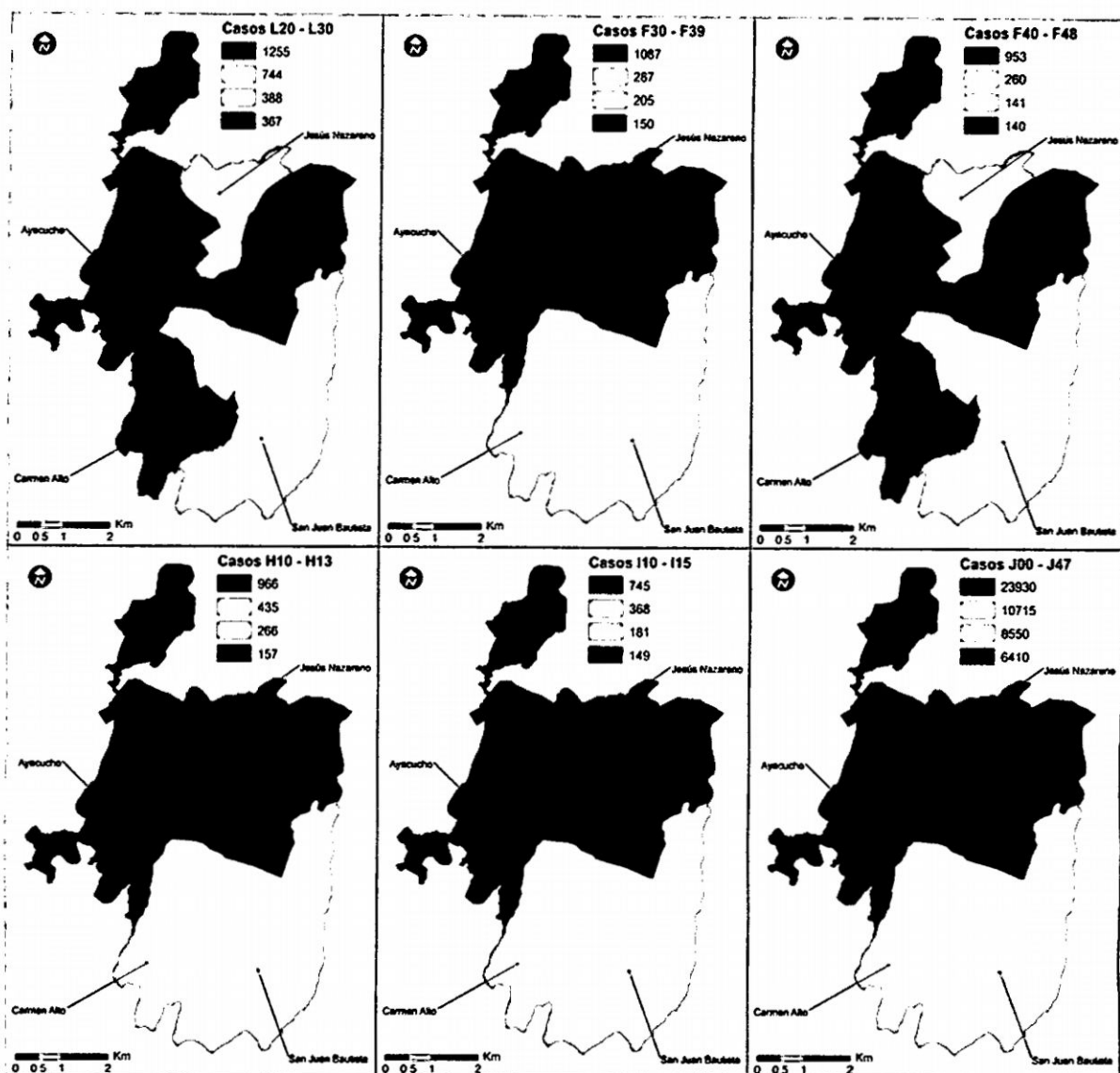


Ilustración 4.38: Mapa de principales grupos de causas de morbilidad asociados con la contaminación ambiental registrada durante el 2011. Fuente: Elaboración propia con datos de DIRESA Ayacucho-Oficina de Informática, Telecomunicaciones y Estadística, 2012.

Dónde: J00 - J47 son infecciones agudas y enfermedades crónicas de las vías respiratorias; L20-L30 son las dermatitis y eczema; F30-F39 son trastornos del humor; F40-F48 son trastornos neuróticos, trastornos

relacionados con el estrés y trastornos somatomorfos; I10 - I15 son enfermedades hipertensivas; H10 - H13 son trastornos de la conjuntiva.

El color rojo muestra las zonas con alto índice de morbilidad, mientras el verde oscuro representa a zonas con bajo índice de morbilidad.

Es decir, los profesionales sanitarios en general y los pediatras en particular debemos conocer y tomar conciencia de la verdadera dimensión del problema generado por la contaminación atmosférica secundaria a los combustibles fósiles.

Con esta tesis, modestamente nos atrevemos a sugerir la necesidad y conveniencia de constituir unidades o secciones pediátricas de salud medioambiental para, entre otras misiones:

a) Informar y divulgar a todos los estamentos sociales y a la opinión pública de las enfermedades asociadas al uso de combustibles fósiles y de los restantes contaminantes medioambientales; b) Asesorar y/o exigir a los organismos competentes locales, comarcales, autonómicos y estatales la aplicación y desarrollo de medidas legislativas y ejecutivas encaminadas a lograr para todos una sociedad donde la salud humana predomine sobre los intereses puramente económicos. El ejercicio físico, fundamental para evitar o retrasar la aparición de las numerosas enfermedades asociadas al sedentarismo y para fomentar un estado óptimo de salud y bienestar, debe iniciarse durante la primera década de vida. Es competencia de los pediatras

informar, sugerir e inculcar a los padres, familiares y niños la necesidad de realizar diariamente ejercicio físico como caminar y trasladarse. Así lograremos ciudades saludables sin las aglomeraciones de los diversos medios de transporte urbano (motocicletas, automóviles, autobuses, etc.) que no debemos olvidar, utilizan combustibles fósiles. La situación anterior, comparando con los índices.

- El uso industrial, urbano y doméstico de los combustibles fósiles genera diversos contaminantes medioambientales, físicos y químicos, con un impacto adverso en la salud humana.
- Los efectos negativos sobre el organismo humano se manifiestan a corto, medio y largo plazo, potenciando y desencadenando los producidos por los contaminantes preexistentes.
- Las enfermedades asociadas a los diversos contaminantes afectan principalmente a la población pediátrica, a las personas mayores, a las mujeres embarazadas y lactantes y a las personas que padecen enfermedades respiratorias y cardiovasculares, independientemente de la edad.
- La población pediátrica es especialmente vulnerable por su mayor tasa metabólica (volumen aéreo respiratorio y cantidad de alimentos por kilogramo de peso superior a los adultos), inmadurez anatómica-funcional y mayor actividad diaria al aire libre.
- Las enfermedades asociadas a los contaminantes medioambientales generados por los combustibles fósiles abarcan un amplio abanico de

patologías que oscilan desde banales (conjuntivitis, sinusitis, faringitis, cefaleas, etc.) hasta graves y potencialmente mortales (bronquitis asmática severa, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, insuficiencia cardíaca, renal o hepática e incremento del riesgo de cáncer).

- Para la prevención, los profesionales sanitarios en general y los pediatras en particular, deben conocer y exigir que el desarrollo industrial y tecnológico debe ser compatible con la mejora de la calidad y cantidad de vida y respetuoso con el medio ambiente. Es el desarrollo sostenible. Ello se puede conseguir con el fomento y desarrollo de las energías alternativas, renovables, ecológicas o menos contaminantes como la solar.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

5.1. CONCLUSIONES

El presente estudio ha sido desarrollado en la ciudad de Huamanga y sus 4 distritos (Ayacucho, Jesús Nazareno, San Juan Bautista y Carmen Alto) y se analizó las características espacio-temporal de series de tiempo de los índices: NDVI, LWCI, NDSI, SAVI, NDWI y Ts; para conocer las condiciones de calidad de ambiental de la Ciudad de Huamanga y sus cuatro distritos durante el periodo 1986 - 2011. Las conclusiones a las que se ha arribado, por objetivo específico, son los siguientes:

- 1) Para el primer objetivo específico. La variación del NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada) en el área de estudio es baja. Sobre todo a partir del año 1999 empieza a decrecer, esto se debe a que, la reducción del vigor vegetal es una respuesta al deterioro del ciclo hidrológico del área urbana frente a una mayor expansión del material impermeable y específicamente constituido por el concreto, tanto en construcciones de viviendas como en la habilitación de calles y carreteras.

Espacialmente, el NDVI en el distrito de Ayacucho presenta mayor deterioro, debido a la menor infiltración del suelo en razón de una mayor

área cubierta con concreto; un factor principal que reduce la actividad vegetal y por ende la calidad ambiental. El deterioro del NDVI es seguida por el distrito de Carmen Alto, mientras en los distritos de Jesús Nazareno y San Juan Bautista es menor; vale decir, en los últimos años la actividad vegetal no se ha visto muy afectada e incluso han mejorado. Se presume que en los distritos en donde la actividad vegetal (NDVI) mejora podría estar acondicionada por la cantidad de migrantes de las comunidades campesinas que ocupan dichos territorios.

El LWCI (Índice de humedad de las hojas) a partir de 1999 empieza a mejorar debido a mayores precipitaciones en esos años, lo cual ha influido en la acumulación de humedad en el suelo y esto refleja mayor vigor vegetal y una mayor humedad en las hojas. Pero también se asume que se debe a la densificación de especies vegetales de bajo consumo de agua. El LWCI, en el distrito de Ayacucho es menor, mientras Jesús Nazareno, San Juan Bautista y Carmen Alto presentan mejores índices.

El SAVI (Índice de vegetación ajustada al suelo) decrece en 1999 y se recupera lenta para el 2011. Esto debido a la interacción entre suelo – vegetación. Para los Andes, el SAVI es el mejor indicador del vigor vegetal a comparación del NDVI, por ello se concluye que el índice de vegetación en la zona de estudio ha mejorado, siendo los distrito de San Juan Bautista y Carmen Alto los que presentan mejores índices.

El NDWI (Índice del Contenido de Agua de Diferencia Normalizada) ha evolucionado debido que en los distritos con mayor actividad vegetal presentan mayor humedad en el suelo, lo cual influye mayor humedad en las hojas y es concordante con el comportamiento del LWCI. En los distritos de Carmen Alto, San Juan Bautista y Jesús Nazareno, es decir donde existe mayor cobertura vegetal y mayor humedad del suelo, presentan mejores índices de NDWI.

El NDSI (Índice de Suelo de Diferencia Normalizada) decreció para el 2011, comparado con 1986, debido a la expansión urbana con viviendas y calles a base de concreto, lo cual redujo áreas con vegetación. El NDSI para los distritos de Jesús Nazareno y San Juan Bautista ha mejorado y se debe al cambio del uso del suelo, evolucionando de un suelo de baja calidad para el desarrollo de la vegetación a una de mejor calidad. Cabe señalar que la mejora se debe a la forestación de suelos pelados. Este índice es un poco menos para Carmen Alto y un deterioro en el distrito de Ayacucho, sin embargo en el sector de la Picota se ha mejorado este índice.

La TS (temperatura de superficie), en 1999 la ciudad experimenta una TS elevada, siendo el distrito con altos valores es Ayacucho y con bajos valores en el distrito de Jesús Nazarenos, Carmen Alto y San Juan Bautista. Esto refleja a aquéllas superficies con mayor cobertura vegetal, áreas de menor sequedad y mayor retención de agua.

Finalmente, la calidad de aire y ruido ambiental, es una variable que fue agregada al análisis del ICAU, en la que el distrito de Ayacucho presenta baja calidad de aire y mayor ruido ambiental, seguido por el distrito de Jesús Nazareno, estos parámetros reflejan que hay mayor contaminación en estos dos distritos. Mientras los distritos de San Juan Bautista y Carmen Alto presentan menos contaminación del aire y acústica.

Cabe señalar, para el 2011 el distrito de Jesús Nazareno presenta mayor contaminación del aire, seguido del distrito de Ayacucho. Para esta variable juega un rol importante la dirección del viento, es por ello que a pesar de registrarse mayor humo proveniente del transporte en el centro histórico de Ayacucho afecta a Jesús Nazareno ya que el humo es trasladado mayormente hacia dicho distrito.

- 2) Para el segundo objetivo específico. El índice de calidad ambiental urbano (ICAU), en 1986 para el distrito de Ayacucho era mejor y se ha deteriorado para el 2011; mientras para el 2011, los distritos de Carmen Alto y San Juan Bautista presentan mejor Calidad ambiental.

Cabe señalar, el ICAU presenta clara correspondencia en su deterioro con la expansión urbana, los asentamientos antiguos del área urbana (del año 1944) tiene peor índice ambiental a comparación de ocupaciones recientes, aunque buena parte del área urbana aparece sin información y eso limita el análisis.

Comparando el ICAU (determinado en este estudio) con los usos del suelo establecido por la unidad de catastro del municipio provincial de Huamanga, las zonas consideradas de reserva paisajística, zona recreativa, zona de turismo recreativo y entre otros presentan bajos ICAU, por ello sería necesario revisar la zonificación de la ciudad a fin de mejorar la calidad de vida de sus pobladores.

Sumando la calidad de aire y ruido ambiental, el distrito de Ayacucho y Jesús Nazareno presentan bajos índices de calidad ambiental. En término de áreas, las que presentan muy buena ICAU decrecieron para el 2011 a más de la mitad y en consecuencia las áreas deficientes incrementaron, lo cual amerita que las autoridades competentes y la población en general deberían tomar medidas a fin de mitigar este proceso de degradación ambiental,

- 3) Para el tercer objetivo específico. Se concluye que la actividad humana produce un impacto ambiental en el territorio que ocupa, ya sea mejorándolos o deteriorándolos, situación que se traduce en la calidad ambiental urbano. Con el presente estudio se encontró que los distritos donde hay mejoras en el ICAU existe una mayor cantidad de migrantes de las comunidades campesinas que ocupan dichos territorios. Al respecto, con base en un análisis somero de los antecedentes del territorio en el periodo que abarca el presente estudio, se asume que en dichos distritos los migrantes procedentes de las comunidades campesinas se implantan con su cultura criadora y sabidurías,

modificando el uso del suelo y por ende áreas de mala calidad ambiental a áreas de buena calidad ambiental.

Los migrantes de las comunidades se incorporan al nuevo territorio con toda su cultura y agricultura, a pesar que tienen calles pavimentadas y viviendas de concreto han podido “colonizar” terrenos pedregosos, improductivos y roquedales para reproducir una peculiar agricultura urbana caracterizada por una masiva arborización con especies forestales, frutales e instalación de huertos familiares. Por ello sitios anteriormente pelados se han convertido en zonas con considerable cubierta vegetal, mientras en el centro histórico de la ciudad no existe restitución de áreas con cubierta vegetal.

En otro aspecto del impacto que involucra el impacto de la actividad humana sobre un territorio se ha encontrado que la calidad de aire y ruido ambiental son otras variables que influyen en el índice de calidad ambiental urbano (ICAU). Al especializar estas variables, los distritos que presentan bajos índices de calidad ambiental también presentan altos índices de enfermedades asociadas a la contaminación atmosférica por combustibles fósiles. El distrito de Ayacucho encabeza en dermatitis y eczema; trastornos del humor; trastornos neuróticos, trastornos relacionados con el estrés y trastornos somatomorfos; trastornos de la conjuntiva; enfermedades hipertensivas; infecciones agudas y enfermedades crónicas de las vías respiratorias; parámetros. Mientras

San Juan Bautista y Jesus Nazareno ocupan el segundo con enfermedades de dermatitis y eczema, trastornos neuróticos. Finalmente el distrito de Carmen alto presenta poquisima morbilidad y este distrito presenta mejor ICAU. Esta situacion refleja en la reduccion del promedio de la esperanza de vida en la poblacion que es 74.2 años (de acuerdo con el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo _PNUD, 2013) en el distrito de Ayacucho y Jesus Nazareno mientras San Juan Bautista y Carmen Alto no afecta.

En este contexto, el análisis del índice de calidad ambiental constituye una de las herramientas de protección ambiental que considerándolos puede fortalecer la toma de decisiones a nivel de políticas de gestión urbano, planes, programas y proyectos, ya que incorpora variables que tradicionalmente no han sido consideradas durante su planificación, diseño o implementación.

Este estudio es un aporte que invita a mayores reflexiones para una adecuada gestión ambiental urbano. Adicionalmente se plantea aspectos que se debería considerar en la planificación urbana para mejorar la calidad ambiental en la Ciudad de Huamanga que está directamente relacionado con la esperanza de vida en la población.

5.2. PERSPECTIVAS

Este estudio constituye el primer trabajo de su naturaleza desarrollado en la región Ayacucho; por tanto, no hay estudios previos que puedan ser utilizados como un elemento comparativo para este trabajo. Sin embargo, considero satisfactorio para una primera aproximación en el análisis del ICAU y con limitados datos, pero tampoco, los resultados están muy lejos respecto a las investigaciones existentes en esta materia en las distintas regiones del mundo. Los logros alientan a mayores desafíos, pero puede mejorarse en los siguientes.

A nivel metodológico, se puede mejorar con mayores datos como por ejemplo agregar al análisis información socio económica de la población. Finalmente se puede mejorar con la utilización de las imágenes de mayor resolución espacial como SPOT o QUICKBIRD, se espera extender, en un futuro, el análisis aquí presentado a lo largo de todo un año, y además involucrar la participación de un equipo multidisciplinario.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Agencia de Protección al Medio Ambiente (1992): EPA-909-F-04-010 de los Estados Unidos.
2. Bajraj, L., Villa, M. & Rodríguez, J. (2000). Población y desarrollo en América Latina y el Caribe un desafío para las políticas públicas. CEPAL, División de Población. Santiago de Chile.
3. Benjamin, S. (2004). "Urban land transformations for pro-poor economies". *Geoforum*.
4. Bouland, P. & Hunhammar, S. (1999) Ecosystem services in urban areas. *Ecological Economics*.
5. Buyantuyev, A.; Wu, J. & Gries, C. (2007). Estimating vegetation cover in an urban environment base don Landsat ETM+ imagery: A case study in Phoenix, USA. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 28, N° 2.
6. Blair, R. & Launer, A. (1997). "Butterfly diversity and human land use: Species assemblages along an urban gradient". *Biological Conservatio*.
7. Castells, M. (1981). "Capital Multinacional, Estados Nacionales y Comunidades Locales". Siglo Veintiuno Editores, México.
8. Castro, J. M. (2002). "Indicadores de desarrollo sostenible urbano. Una aplicación para Andalucía". Tesis doctoral. Málaga: Universidad de Málaga.
9. Cooling Our Communities (1992): "A Guidebook On Tree Planting and Light-Colored Surfacing". U.S. Environmental Protection Agency 22P-2001, January.
10. Chander, G., & Markham, B. (2003). Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic ranges. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*.
11. Chander, G., Markham, B. L., & Helder, D. L. (2009). "Summary of current radiometric calibration coefficients for landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors". *Remote Sensing of Environment*.

12. Chávez, P.S. (1996). Image-based atmospheric corrections-revisited and improved. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.
13. Cheng, Y., Chen, L.F., Liu, Q.H., Zhang, H., & Gu, X.F. (2006). "The soil moisture detection for different vegetation coverage based on the MODIS data". *Journal of Remote Sensing in China*.
14. Chiesura, A. (2004). The role of urban parks for the sustainable city. *Landscape and Urban Planning*.
15. Choudhury, B. J., Ahmed, N. U., Idso, S. B., Reginato, R. J., & Daughtry, C. S. T. (1994). "Relations between evaporation coefficients and vegetation indices by model simulations". *Remote Sensing of Environment*.
16. Chuvieco, E. (1996). "Fundamentos de Teledetección Espacial". Ediciones Rialp, S.A. Madrid, España.
17. Chuvieco, E. (2002). "Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio". Editorial Ariel, Barcelona – España.
18. Chuvieco, E. (2006). "Teledetección ambiental". La observación de la Tierra en el espacio. Ed. Ariel. Madrid.
19. Chuvieco, E. (2008). "Teledetección ambiental". La observación de la Tierra en el espacio. Ed. Ariel. Madrid – España.
20. Cohen, B. (2004). "Urban growth in developing countries: A review of current trends y a caution regarding existing forecasts". *World Development*.
21. De La Maza, C., Hernández, J., Bown, H., Rodriguez, M., Escobedo, F. (2002). Vegetation diversity in the Santiago de Chile urbanecosystem. *Arboricultural Journal*.
22. Dirección Regional de Salud Ayacucho_ DIRESA. (2012). Plan de desarrollo de la Ciudad de Huamanga 2008 – 2018, Ayacucho setiembre del 2008. Municipalidad Provincial de Ayacucho. Sub Gerencia de Planeamiento Urbano y Catastro. Proyecto: Fortalecimiento de capacidades de la Sub Gerencia de Planeamiento Urbano y Catastro, Ayacucho – Perú.
23. Dinh, H. Q., Turk, G., & Slabaugh, G. (2001). Reconstructing surfaces using anisotropic basis functions, en *actas International Conference on Computer Vision, ICCV, Vancouver, Canada*, pp. 606-613.

24. Dixon, J. & L. Segnestam (2002). Environmental indicators: An overview of selected initiatives at the World Bank. The World Bank Environment Department (mimeo).
25. Dousset, B. & Gourmelon, F. (2003). "Satellite multi-sensor data analysis of urban surface temperatures and landcover". ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, No 58.
26. Eastman, R.J.(2004): IDRISI Kilimanjaro. Guide of GIS and image processing. Clark Labs, Clark University, Worcester, Massachusetts.
27. Ebert U. & H. Welsch (2003). "Meaningful environmental indices: a social choice approach". Journal Environmental Economics and Management.
28. EEA/AMAE (2002). "Towards an urban atlas: Assessment of spatial data on 25 European cities and urban areas". Environmental issue report, 30. Copenhagen.
29. EEA/AMAE (1995). Europe's environment: The Dobris' assessment. Luxembourg: European Environment Agency-Office for Official Publications of the European Communities.
30. En Arévalo T. (2000). "La economía ecológica. Una nueva Mirada a la ecología humana". Centro de Estudios Superiores Universitarios. Universidad de San Simón IUNESCO. Montevideo.
31. EPA (Environmental Protection Agency) (2002). "Guía del ciudadano para usar las leyes ambientales federales para asegurar justicia ambiental". Documento público de difusión.
32. Eurostat. (2000). "Toward environmental pressure indicators for the EU. Luxembourg": European Environment Agency-Office for Official Publications of the European Communities.
33. Federovisk, S, (1990). "Influencias de la urbanización en un desastre": El caso del área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires. % Medio Ambiente y Urbanismo.
34. Freeman III, M. A. (1993). "The measurement of environmental and resource values: Theory and methods". Resources for the future. Washington, D.C. (mimeo).

35. Fisher, J., Kely, M. And Romm, J. (2006). "Scales of environmental justice": Combining GIS and spatial analysis for air toxics in West Oakland, California. *Health & Place*.
36. Fried, G. (1991). "Ecología" capítulo 26. *Biología*. Mc Graw-Hill. México.
37. Fung, T. & Siu, W. (2000). "Environmental quality and its changes, an analysis using NDVI". *International Journal of Remote Sensing*, vol, 21, No 5.
38. Gallopin, G. (2006). "Los indicadores de desarrollo sostenible": aspectos conceptuales y metodológicos. Fodepal. Santiago – Chile.
39. García Canclini, N. (1999). "Imaginario Urbanos". 2da Edición, ediciones Eudeba, Buenos Aires, Argentina.
40. García Estarrón, Julieta Erika. (2008). "El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua." Tesis presentada por Para obtener el grado de Maestría en administración integral del ambiente, Tijuana – México.
41. Gilbert, A. (1974). "Latin American Development" A Geographical Perspective. Penguin Books, London, England.
42. Gobierno Regional de Ayacucho_GRA (2011) "Mejoramiento de carretera con asfalto tramo: Covadonga – Mollepata, Ayacucho. Estudio Geológico – Geotécnico". PP 32
43. Gupta, R. P. (1991). *Remote Sensing Geology*. XVI + 356 pp. Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris, Tokyo, Hong Kong: Springer-Verlag. Price DM 198.00 (hardcovers).
44. Hardoy, J. & Geisse, G. (1972). *Políticas de Desarrollo Urbano y Regional en América Latina*. Editorial SIAP, Buenos Aires, Argentina.
45. Hardisky, M. A, Klemas, V & Smart, R. M. (1983): The Influence of soil Salinity, Growth Form and Leaf Moisture on the Spectral Radiance of *Spartina Alterniflora* Canopies. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 49, 77_83pp.
46. Huete, A. A. (1988). soil-adjusted vegetation index (Savi). *Remote Sensing of Environment*, N° 25.
47. Henao Espinosa O. (2000). "Enfoques, Teorías y Nuevos Rumbos del Concepto Calidad de Vida." [Recuperado 09/03/06]

48. Hunt, E.; Rock, B. & Nobel, P. (1987) Measurement of leaf relative water content by infrared reflectance. *Remote Sensing of Environment*, No 22.
49. Hyatt, E. (2001). "Editorial". *Ecological Indicators*, 1: 1-2.
50. IPCC. (2002). *Cambio Climático y Biodiversidad. Documento Técnico V del IPCC*. 85 pp.
51. Jackson, L. (2003). "The relationship of urban design and human health and condition." *Landscape and Urban Planning*".
52. Jacobi, P. (1994). "Households and environment in the city of São Paulo: problems, perceptions and solutions." *Environment and Urbanization*.
53. Jáuregui, E. y Morales, E. (1996). "Urban effects on convective precipitation in Mexico City." *Atmospheric Environment*".
54. Juan Pablo Celemín. CONICET, Universidad Nacional de Mar del Plata: "el estudio de la calidad de vida ambiental: definiciones conceptuales, elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de mar del plata, Argentina.
55. Juan Torres (2001): "Estrategia y Plan de Acción de Biodiversidad para el Departamento de Ayacucho como Base de su Desarrollo Sostenible". Comunidad Andina. Lima _ Perú. 114 pp.
56. Kalkstein, LS (1993). Health and Climate Change: Direct Impacts in Cities. *The Lancet* 342:1397-99.
57. Kramer, P. J. (1969). *Plant and soil water relationships: a modern synthesis*. New York: McGraw-Hill, INC. 533 pp.
58. Kapp, W. (1995) "Los indicadores ambientales como indicadores de los valores sociales de uso" en *Economía de los recursos naturales: un enfoque institucional*. Federico Aguilera Klink (ed.) Fundación Argentaria. Visor Distribución. Colección Economía y Naturaleza.
59. Krieg, J. & Faber, D. (2004). "Not so Black and White: environmental justice and cumulative impact assessments." *Environmental impact assessment review*. Elsevier Inc. 24.

60. Leff, E. (1986). "Ambiente y Articulación de ciencias, en: Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo." México. Siglo XXI.
61. Leff, E. (1998). "Saber Ambiental: Sustentabilidad, Racionalidad, Complejidad, Poder." Siglo XXI y PNUMA (Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente), México.
62. Leva, G. (2005) "Indicadores de Calidad de Vida Urbana. Teoría y Metodología. Metrópolis Hábitat." Universidad Nacional de Quilmes. [Recuperado el 28/04/06] de: hm.unq.edu.ar.
63. Li, F., Jackson, T. J., Kustas, W. P., Schmugge, T. J., French, A. N., Cosh, M. H. (2004). "Deriving land surface temperature from landsat 5 and 7 during SMEX02/SMACEX. Remote Sensing of Environment".
64. Li, G. & Weng, Q. (2005). "Using Landsat ETM+ imagery to measure population density in Indianapolis". Indiana. USA. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, N° 71.
65. Liang, B., & Weng, Q. (2011): Assessing urban environmental quality change of Indianapolis, United States by the remote sensing and GIS integration. IEEE Journal of Selected Topics in Earth Observations and Remote Sensing, 4(1): 43-55.
66. Lomnitz, L. (1972). "Como Sobreviven los Marginados." Siglo Veintiuno Editores, México.
67. Luengo, F. (1998). "Elementos para la definición y evaluación de la calidad ambiental urbana. Una propuesta teórico-metodológica." En: IV Seminario latinoamericano de calidad de vida urbana Tandil, Argentina.
68. Luengo, G. (2002). "La Calidad Ambiental Urbana como Instrumento Teórico-metodológico." FERMENTUM Mérida - Venezuela - ISSN 07983069 - AÑO 12 - N° 128 33 - ENERO - ABRIL - 2002 - 126-141.
69. Machaca, G. (2011). Análisis Espaciotemporal de Disponibilidad de Agua en el Suelo a Partir de Imágenes de Satélite en Cinco Microcuencas de los Ríos Pampas y Chikllarazu en el Periodo 1986-2009, Ayacucho-Perú. Tesis presentada para optar el grado de Magister en Geografía y Geomática. Chile: Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Historia, Geografía y Ciencia Política, 199 pp.

70. Manteiga, L. (2000). "Los indicadores ambientales como instrumento para el desarrollo de la política ambiental y su integración en otras políticas." Publicado en: Estadística y Medio Ambiente. 2000. Instituto de Estadística de Andalucía. Sevilla – España.
71. Maldonado, A. (1998). "La construcción de indicadores bio–ecológicos para medir la calidad del ambiente natural urbano." En: IV Seminario latinoamericano de calidad de vida urbana Tandil, Argentina.
72. Madaleno, I. (2000). "Urbanagriculture in Belém", Brasil.
73. Martínez, J & Roca Jusmet. (2000). "Debate sobre la sustentabilidad", en el capítulo 8 Página 400 en Economía Ecológica y Política Ambiental. PNUMA, FCE, México.
74. MMA (2000) "Sistema español de indicadores ambientales: Área de medio urbano". Madrid: Centro de Publicaciones, Ministerio de Medio Ambiente.
75. MMA (1996). "Indicadores ambientales. Una propuesta para España. Madrid: Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental." Ministerio de Medio Ambiente, España.
76. Moran, M. S., Clarke, T. R., Inoue, Y., & Vidal, A. (1994). Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. Remote Sensing of Environment, 49, 246-263.
77. Moncada. M. (1997) "Cambio Climático." Secretaria de Estado de los Despachos de Recursos Naturales y Ambiente. Honduras.
78. Moser, C. y McIlwaine, C. (2006). "Latin American urban violence as a development concern." Towards a framework for violence reduction. World Development.
79. MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AYACUCHO (2008). "Plan de Desarrollo Urbano de la Ciudad", Sub-gerencia de Planeamiento Urbano y Catastro. Proyecto: "Fortalecimiento de Capacidades de la Subgerencia de Planeamiento Urbano y Catastro", Ayacucho, 179 pp.
80. Nichol, J. & Wong, M. (2005) "Modelling urban environmental quality in a tropical city. Landscape and Urban Planning," No 73.

81. OCDE. (1993). Core set of indicators for environmental performance reviews "A synthesis report by the Group on the State of the Environment. Environment monographs" N° 83.
82. OCDE. (1997). "Better understanding our cities. The role of urban indicators. Paris (mimeo).
83. OCDE. (2001). "Sustainable development: Critical issues". Paris (mimeo).
84. Odum, E.P. & Sarmiento, F. (1998). "Energética Ecológica" capítulo 4. Ecología puente entre ciencia y sociedad. McGraw-Hill Interamericana. México.
85. Ott, W.R. (1978). "Environmental Indices: Theory and Practice. Ann Arbor Science," Michigan – Estados Unidos.
86. Programa de desarrollo sostenible, caracterización del departamento de Ayacucho con fines de ordenamiento territorial (2005). Grupo Técnico de Coordinación Interinstitucional - GTCI Ayacucho. pp301
87. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos_ ONU-HABITAT (2011). Casilla Postal 30030, GPO Nairobi 00100, Kenia.
88. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (2002) Perspectivas del medio ambiente mundial 2002 GEO_3, pasado, presente y futuro., Ediciones Mundi Prensa_ Libros. Castello, 37_28001 Madrid. 32PP
89. Pedlowski, M., Corabi, J. And Heynen, N. (2002). "Urban forest and environmental inequality in Campos dos Goytacazes," Rio de Janeiro, Brasil.
90. Pena Trapero, J. B. (1977). "Problemas de la medición del bienestar y conceptos afines. Una aplicación al caso Español, Madrid." Madrid – España.
91. Pender, A., L. Dunne & F. Convery. (2000). "Environmental indicator for the urban environment: A literature review". Working papers, Environmental studies Research series. Dublin: University College.
92. Pickett, S., Burch, W., Dalton, S. & Foresman, T. (1997). "A conceptual framework for the study of human ecosystems in urban areas." Urban Ecosystems.

93. Prigogine, I., Nicolis, G. & Babloyantz, A. (1972). "Thermodynamics and Evolution. *Physics Today*".
94. Programa "Promoción del Desarrollo Rural Andino _ RURANDES" (2011): Un Modelo Para Promover Desarrollo Rural Sostenible en los Andes Peruano. Welthungerhilfe, primera edición. Lima Perú.
95. Queraltó, P. (2008). "Aportación metodológica de la tecnología SIG en el cálculo de indicadores a escala urbana"- Barcelona. Tesis de máster oficial. Universitat Politècnica de Catalunya.
96. Qi, J., Chehbouni, A., Huete, A.R., Keer, Y.H., & Sorrosian, S. (1994). A modified soil vegetation adjusted index. *Remote Sensing of Environment*, 48, 119-126.
97. Qi, J., Marsett, R. C., Moran, M. S., Goodrich, D. C., Heilman, P., Kerr, Y. H., Dedieu, G., Chehbouni, A., & Zhang, X. X. (2000). "Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area. *Agricultural and Forest Meteorology*".
98. Quijano, A. (1967) "La urbanización de la sociedad en América Latina." *Revista Mexicana de Sociología* XIX.
99. Ramsey, R. D., Wright, J. R., D. L., & McGinty, C. (2004). Evaluating the use of Landsat 30m Enhanced Thematic Mapper to monitor vegetation cover in shrub-steppe environments. *Geocarto International*, 19, 39-47.
100. Redondo, C., Menéndez, C., García, P., González, R., & Sáez, E. (2000). "Estudio de las zonas propensas a sufrir deslizamientos en los Concejos de Oviedo y Mieres (Asturias) a partir de una imagen Landsat-TM y de un Modelo Digital de Elevaciones. *Revista de Teledetección*".
101. República de Colombia Ministerio del Medio Ambiente. (2002) Dirección General Ambiental Sectorial Grupo de Gestión Urbana y Salud. lineamientos ambientales para la gestión urbano regional en Colombia, Bogotá – Colombia.
102. Restrepo, I. (1980). "Conflictos entre ciudad y campo en América Latina. Editorial Nueva Imagen," México
103. Riaño, D., Chuvieco, E., Salas, J., & Aguado, I. (2003). "Assessment of Different Topographic Corrections in Landsat-TM Data for Mapping

- Vegetation Types. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing”.
104. Roger, A. & Kearney, M. (2004). “Reducing signature variability in unmixing coastal marsh Thematic Mapper scenes using spectral indices. *International Journal of Remote Sensing*.” Vol. 25, N° 12.
 105. Romero, H. & Vásquez, A. (2005). “La comodificación de los espacios urbanizables y la degradación ambiental en Chile.” *Scripta Nova, Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol IX, N° 194, Barcelona – España*.
 106. Romero, H. & López, C. (2007). “Variaciones de la funcionalidad ambiental del mosaico de paisaje vegetal del Gran Santiago entre 1975 y 2007.” Presentación al Coloquio Internacional Construyendo Resiliencia de los Territorios. Instituto de Geografía, Universidad Católica de Valparaíso, Chile.
 107. Rosenzweig, C. ; Soleckib, W.; Parshalla, L.; Choppingc, M.; Popec, G. & Golderg, R. (2005). Characterizing the urban heat island in current and future climates in New Jersey. *Environmental Hazards*, N° 6.
 108. Rosenzweig, C. & Solecki, W. (2001). “Climate change and a global city: Learning from New York.” *Estados Unidos*.
 109. Rouse, J. W., Haas, R. W., Schell, J. A., Deering, D. H., & Harlan, J. C. (1974). “Monitoring the vernal advancement and retrogradation (Greenwave effect) of natural vegetation.” *Type III Final Report. NASA/GSFCT. Greenbelt, MD. US*.
 110. Sandholt, I., Rasmussen, K., & Andersen, J. (2002). A simple interpretation of the surface temperature/vegetation index space for assessment of surface moisture status. *Remote Sensing of Environment*, 79(2-3), 213-224.
 111. Santana R, Escobar Jaramillo Y Capote, A (2010): “Estimación de un índice de calidad ambiental urbano, a partir de imágenes de satélite”. *Revista de Geografía Norte Grande*, 95 PP.
 112. Schrijnen, P. (2000). “Infrastructure networks and red-green patterns in city regions”. *Landscape and Urban Planning*.

113. Segnestam, L. (2002). "Indicators of environment and sustainable development:" Theories and practical experience". Environmental Economics Series. 89, the World Bank Environment Department.
114. Smith, P. & Romero, H. (2007) "Efectos del proceso de urbanización sobre la calidad ambiental de los humedales del área metropolitana de Concepción." Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. Santiago – Chile.
115. Smyth, C. & Royle, S. (2000) "Urban landslide hazards: incidence and causative factors in Niterói," Rio de Janeiro State, Brasil. Applied Geography.
116. Steinberg, F. (2005). "Strategic urban planning in Latin America: experiences of building and managing the future". Habitat International.
117. Sturm, R. & Cohen, D. (2004). "Suburban sprawl and physical and mental health." Public Health.
118. Tayanc, M., Karaca, M. & Yenigun, O. (1997). "Annual and seasonal air temperature trend patterns of climate change and urbanization effects in relation to air pollutants in Turkey." Journal of Geophysical Research.
119. Tyler Miller, Jr. (1994) "Ecología y Medio Ambiente. Grupo Editorial Iberoamérica. México.
120. Tonon, G. (2005) "Apreciaciones teóricas del estudio de la calidad de vida en Argentina. El trabajo que desarrolla el Internacional Wellbeing". En: Revista Hologramática, Facultad de Ciencias Sociales, UNLZ, Año II, Vol. 1Nº 2.
121. United Nations Human Settlements Programme_UN-HABITAT (2011). "las ciudades y el cambio climático: orientaciones para políticas, informe mundial sobre asentamientos humanos.
122. UNCED/CNUMA (1987) "Our common future. Report of the United Nations Commission on environment and development. Oxford: Oxford University Press.
123. UNCHS (United Nations Commission on Human Settlements) (2002). "The State of the World".
124. UNCHS/HABITAT. (2000) "The Urban Environmental Forum 2000. Summary report. UNEP/UNCHS.

125. UNEP/ PNUMA (2001) "Informe sobre los indicadores ambientales y de la sustentabilidad en América Latina y el Caribe". XIII Reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. Nueva York: UNEP/LACIG. XIII/Inf.4.
126. Unikel, L. & Necochea, V. (1975). "Desarrollo Urbano y Regional en América Latina. Problemas y Políticas." Fondo de Cultura Económica, Ciudad de México, México.
127. United Nations Commission on Sustainable Development (2000). Report of the consultative group to identify themes and core indicators of sustainable development. New York: UNCSD. "Indicators of Sustainable Development: Framework and Methodologies". CSD. Background Paper, 3. New York: UNCSD.
128. Vásquez, A. & Romero, H. (2007) "Desigualdades Socioeconómicas en la comuna de Peñalolén, una Perspectiva de Justicia Ambiental." Anales Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. Santiago, Chile.
129. Vásquez, A. & Romero, H. (2007) "El libre mercado de las áreas urbanas y la falta de justicia ambiental en la disponibilidad de áreas verdes en Santiago de Chile." Actas del IX Coloquio Internacional de Geocrítica. Universidad Federal Río Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
130. Velázquez, G., (2001) "Geografía, Calidad de Vida y Fragmentación en la Argentina de los noventa. Análisis regional y departamental utilizando SIG's. CIG. FCH. UNICEN." Tandil, Red de Editoriales de Universidades Nacionales.
131. Vásquez Fuentes, Alexis Emir (2008) "Vegetación urbana y desigualdades socioeconómicas en la comuna de peñalolén, santiago de chile. una perspectiva de justicia ambiental", tesis para optar al grado de magíster en gestión y planificación ambiental, Santiago de Chile.
132. Walker, G. And Bulkeley Y, H. (2006) "Geographies of environmental justice. Geoforum."
133. Ward, P. (1982) "Self-help Housing. A Critique. Rou".
134. Warren-Rhodes, K. & Koenig, A. (2001). "Escalating trends in the urban metabolism of Hong Kong: 1971 a 199.

135. Weng, Q. (2001) "A remote sensing–GIS evaluation of urban expansion and its impact on surface temperature in the Zhujiang Delta, China. *International Journal of Remote Sensing*," Vol. 22, Nº 10.
136. Wittich, K., & Hansing, O. (1995) "Area-averaged vegetative cover fraction estimated from satellite data. *International Journal of Biometeorology*,".
137. Wong, N. y Yu, C. (2005). Study of green areas and urban heat island in a tropical city. %o *Habitat International* 558 pp.
138. Yuan, F. & Bauer, M. (2007) Comparison of impervious surface area and normalized difference vegetation index as indicators of surface urban heat island effects in Landsat imagery. *Remote Sensing of Environment*, , No 106.
139. Zarzosa, P. (1996). Aproximación a la medición del bienestar social. Valladolid: Universidad de Valladolid.
140. Zuleima Molina M., Gladys (2005). "Propuesta metodológica para estudios de dinámica de uso urbano utilizando la teledetección:" Maracay, estado Aragua-Venezuela. En *Revista Geográfica Venezolana*. Universidad de los Andes, Escuela de Ciencias Forestales y Ambientales. En :<http://www.invenia.es/oai:dialnet.unirioja.es> :ART0000064524.

ANEXOS

1. PROPUESTA DE PLAN DE CALIDAD AMBIENTAL PARA LA CIUDAD DE HUAMANGA.

Esta propuesta de plan se plantea a sugerencia en la revisión de esta tesis, ya que en la formulación del estudio no se consideró debido a que la planificación urbana es un proceso mayor y que involucra plena y activa participación de los diferentes actores sociales y tomadores de políticas para solucionar sus principales problemas y desarrollar sus potencialidades en todos los campos de la gestión ambiental.

En este sentido se plantea un plan que motive a integrar herramientas de gestión y que a la vez integre transversalmente los aspectos ambientales basados en la educación que nace en los hogares.

Este plan se alinea en 3 objetivos específicos que podría ayudar a encaminar la mejora de la calidad ambiental en el área urbana de la Ciudad de Huamanga y sus 4 distritos, las cuales se anuncian en el siguiente cuadro:

PROPUESTA DE PLAN PARA MEJORAR LA CALIDAD AMBIENTAL LA CIUDAD DE HUAMANGA Y SUS 4 DISTRITOS

Objetivos Estratégicos	Estrategias Generales	Estrategias Específicas o Tácticas	Actividades 2013 – 2023	Implica
<p>Incorporación de la concepción ambiental como elemento estructurante de un desarrollo integral que además involucre la visión interdisciplinaria que interviene estrechamente en todo el fenómeno ambiental de la Ciudad de Huamanga.</p>	<p>1.1. Gestión de ecosistemas Impulsar la "replica" en nuevas comunidades de la Región, el logro del restablecimiento hídrico por las familias campesinas con acompañamiento de ABA que son aquellas que mayormente realizan los esfuerzos para la restauración hídrica, aporte importante en la dinámica de la disponibilidad de agua en el suelo (DAS) en el periodo seco. Sin embargo, es la población asentada en la cuenca baja la que se benefician más en un eventual aumento de DAS, sea por la recarga de acuíferos o por afloramiento de cursos superficiales (Machaca,</p>	<p>1.1.1. Gestionar y orientar a reducir la inseguridad hídrica del acceso de la población urbana de la Ciudad de Huamanga.</p>	<p>Impulsar y fortalecer la siembra y cosecha de agua de lluvia, como una alternativa para contrarrestar la inseguridad hídrica de la población generando la trama de usuarios del agua entre la parte alta y baja de la cuenca bajo el criterio de responsabilidad, procurando equilibrar sus intereses. (Rurandes, 2011)</p> <p>Gestionar proyectos sostenibles para el aporte del restablecimiento hídrico, como la siembra y cosecha de agua de lluvia.</p> <p>Gestionar las retribuciones como mecanismos de sostenibilidad; por ejemplo, el "pago" por servicios ambientales, del cual pueden beneficiarse las poblaciones de la cuenca alta, De esta manera, además de reconocer el esfuerzo de las comunidades "criadoras" del agua, se asegura la sostenibilidad hídrica en la cuenca.(Machaca, 2011)</p> <p>Gestionar ordenanzas que</p>	<p>Agua</p> <p>Agua</p> <p>Agua</p> <p>Agua Y</p>

Objetivos Estratégicos	Estrategias Generales	Estrategias Específicas o Tácticas	Actividades 2013 – 2023	Implica
	2011).		fortaleza, proteja y reconozca a las familias "guardianes del agua", de la cuenca alta abastecedora de agua.	planta
		1.1.3. Fortalecer las prácticas de los migrantes Ambiental	Enfatizar el entendimiento de la función de "manejar" bien los bosques nativos y artificiales, una pieza maestra para la regulación del agua.	Agua Y planta
	1.2. Fortalecer el enfoque agroecológico y crianza ("gestión integrada") del paisaje, agua, agrobiodiversidad y riesgos, generando la trama de usuarios del agua entre la parte alta y baja de la cuenca bajo el criterio de responsabilidad, procurando equilibrar sus intereses pero asumiendo la visión viva y sagrada del territorio, donde todas las entidades que habitan en ella tienen cualidades de ser personas y la actitud del hombre es de crianza y	1.2.1. Lograr una gestión integral de cuencas, microcuencas y prevención de desastres naturales.	Vigorizar la cultura ancestral de la crianza del agua en los migrantes.	Agua
		1.2.2. Fortalecer y generar políticas de protección paisajística de la población urbana. Social	Fortalecer la gestión de los ecosistemas a cargo de las familias ubicadas en las altas montañas, fundamentalmente de las alturas (Banlauer, 2007)	Planta
			Fortalecer las potencialidades de las familias de la parte periurbana con una cultura que conserva el ambiente natural al urbano.	Planta
			Identificar áreas donde priorizar los esfuerzos para mejorar y preservar la calidad ambiental de cada distrito de la Ciudad de Huamanga.	Planta
			Despertar conciencia y voluntades de reacción positiva frente a la insensibilidad desmedida de regeneración de los ecosistemas y sistemas de producción que se	Planta

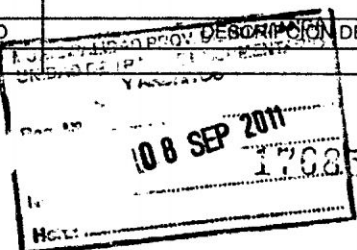
Objetivos Estratégicos	Estrategias Generales	Estrategias Específicas o Tácticas	Actividades 2013 – 2023	Implica
	no una relación de lucha a fin de doblegarla y dominarla.		<p>hacen más vulnerables, tal como parece indicar la reducción del DAS en la Ciudad de Huamanga. (Machaca, 2011)</p> <p>Generar ordenanzas conservacionistas de reconocimiento por la conservación de 8-10m2 de área verde (Según Organización mundial de Salud) por individuo. A cargo de las 4 municipalidades distritales de la Ciudad de Huamanga</p> <p>Generar ordenanzas para las construcciones posteriores de viviendas con arquitectura ecológica que converse con el ambiente.</p> <p>Incorporar las construcciones de los pavimentos de las calles con enfoque ambiental.</p> <p>Fortalecer la comisión Ambiental Regional, provincial, distrital y Sistemas locales de Gestión Ambiental.</p> <p>Fortalecer el Grupo técnico Regional de Cambio Climático (GTRCC) para la formulación de políticas Regionales.</p>	<p>Planta</p> <p>Planta</p> <p>Planta</p> <p>Planta,</p> <p>Planta, agua</p> <p>Planta, agua</p>
	1.3. Incidir la suma de	1.3.1. Promover una	Promover nuevos hábitos que	Suelo

Objetivos Estratégicos	Estrategias Generales	Estrategias Específicas o Tácticas	Actividades 2013 – 2023	Implica
	<p>voluntades a favor de un cambio de conciencia que harán la gran diferencia en la conservación de agua, suelo y aire.</p>	<p>política de reutilización, conservación y mantenimiento del agua, suelo y aire.</p>	<p>permitan preservar los recursos naturales.</p> <p>Promover el reciclaje de los productos descartables para evitar generar basura.</p> <p>Crear ordenanzas que ayuden en la reducción de la utilización de los envases y recipientes plásticos y promover la utilización de envases orgánicos.</p> <p>Crear ordenanzas que ayuden en la clasificación de las basuras.</p> <p>Promover la producción de abonos orgánicos.</p>	<p>Suelo</p> <p>Suelo</p> <p>Suelo</p> <p>Suelo</p> <p>Suelo</p> <p>Suelo</p> <p>Aire</p>
		<p>1.3.2. Promover e incidir en la reducción de las emisiones tóxicas emitidas por los móviles motorizados.</p>	<p>Control riguroso de las emisiones tóxicas a través de las multas.</p>	<p>Aire</p>

2. OBTENCIÓN DE INFORMACIÓN DE CATASTRO URBANO DE LA CIUDAD DE HUAMANGA ANTE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE HUAMANGA.

CONSTANCIA DE TRAMITE

N° DE REGISTRO			
NOMBRES	APELLIDO PATERNO	APELLIDO MATERNO	
Lidia	Machuca	Mendieta	
DOMICILIO REAL	Jr. Quito N° 117 Alwchimay, San Juan Bautista.		
DNI. N° 28303323	RUC. N°	TELÉFONO	966045910
N° DE PROCEDIMIENTO	DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO	COSTO	



[Handwritten Signature]
FIRMA DEL INTERESADO (A)

3. INFORMACIÓN PROPORCIONADA POR LA DIRESA – AYACUCHO.



INFORME N° 044- 2012-GRA/GG-DRDS-DIRESA-DESC-DAS

A : Blgo. Hugo Elio MENDOZA GONZALEZ
Director de Salud Ambiental

ASUNTO : Medición de ruido y aire

FECHA : Ayacucho, 17 de setiembre del 2012

Por medio del presente previo un cordial saludo, me dirijo a Ud., para remitirle los datos del monitoreo de calidad de aire y ruido realizado en la ciudad de Ayacucho, en respuesta a lo solicitado por la Sra. Lidia Machaca Mendieta egresada de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Es todo cuanto informo a usted para su conocimiento y demás fines que crea por conveniente.

Atentamente,



Jeanne Salvatierra Livia
JEANNE SALVATIERRA LIVIA
BIOLOGO
C.B.P. N° 6002

Cc
Archivo
DESA

DIRECCIÓN EJECUTIVA
 DE SALUD AMBIENTAL
SECRETARIA
 17 SET. 2012
 1º Reg. *Jeanne*
 Recibido por *[Signature]*
 Hora *9:30*

DIRECCIÓN EJECUTIVA
 DE SALUD AMBIENTAL
 Sr. *Secretaria*
 COPIAS ()
 DIRECTOR EJECUTIVO ()
 ASISTENTE EJECUTIVO ()
 ENFERMERA (X)
 LIMPIÓN ()
 PLANTA DE FARMACIA ()
 ARCHIVAR ()
 RESENVACIONES: *Brindley*
 Copia
 DIA 17/09/12 FIRMA: *[Signature]*





"AÑO DE LA CONSOLIDACION ECONOMICA Y SOCIAL DEL PERÚ"



**MONITOREO DE LA CALIDAD DE AIRE EN AYACUCHO DEL 21 AL 26
SETIEMBRE de 2009**

ESTACIONES DE MONITOREO.

ITEM	Estación de Muestreo	Distrito	Dirección	Coordinación	Equipo	Nº Muestras	Fecha
1	San Juan Bautista	San Juan Bautista	Av. 24 de junio Nº 278 Jr. Abraham	Gerente Nelly Ledesma Zerpa	1 HIVOL	3	21/09/09 al 24/09/09
2	CLAS Nazarenas	Jesús Nazareno	Valdelomar Nº 461 Av. Independencia	Sr. Saul Clares Alca Ing. Vladimir Riveros	1 HIVOL	5	21/09/09 al 26/09/09
3	DIRESA Ayacucho	Ayacucho	Nº 355	Maldonado Ing. Vladimir Riveros	1 HIVOL	5	21/09/09 al 26/09/09
4	Calle Asamblea	Ayacucho	Jr. a Asamblea Nº 362	Riveros Maldonado	1 HIVOL	2	24/09/09 al 26/09/09

VALORES LÍMITE REFERENCIALES

**Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire
(Decreto Supremo Nº 074-2001-PCM)**

Parámetro	Periodo	Valor referencial(ug/m ³)
Partículas Menores a 10 Micras	24 horas	150

Criterios de Calidad de Aire Ambiental (AAQC)

Parámetros		Criterios de Calidad de Aire Ambiental, 24 horas (ug/m ³)
Cobre	Cu	50
Plomo	Pb	2
Manganeso	Mn	2.5
Cromo	Cr	1.5
Cadmio	Cd	2
Hierro	Fe	25
Zinc	Zn	120



RESULTADOS:

PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS (PM10)

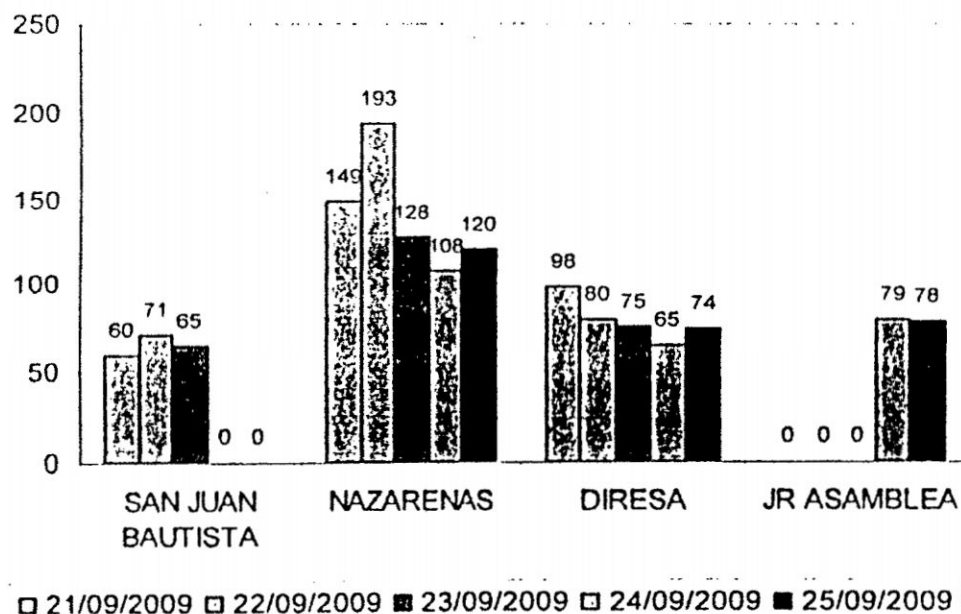
FECHA	SAN JUAN BAPTISTA	CLASS NAZARENAS	DIRESA	JR. ASAMBLEA	ECA (24h)
21/09/09	60	149	98	-	150.0
22/09/09	71	193	80	-	150.0
23/09/09	65	128	75	-	150.0
24/09/09	-	108	65	79	150.0
25/09/09	-	120	74	77	150.0
PROMEDIO	65.3	139.6	78.4	78	150.0
MINIMO	60	108	65	77	150.0
MAXIMO	71	193	98	79	150.0

Nota: Los valores están expresados en microgramos por metro cúbico (ug/m³)

ECA: Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire

(-) : No se realizó toma de muestras por ser estación móvil.

PARTICULAS MENORES A 10 MICRAS



Podemos apreciar en el cuadro que los resultados del análisis de partículas menores a 10 micras en la estación del Class de Nazarenas del día 22 de septiembre sobrepasa el límite del ECA que es de 150µg/m³. También todos los



"AÑO DE LA CONSOLIDACION ECONOMICA Y SOCIAL DEL PERÚ"



valores correspondientes a este punto de muestreo reportan valores mayores a los demás puntos.

ESTACION	FECHA	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	Cr	Cd
E-1 MICRO RED SAN JUAN BAUTISTA	21/09/2009	0.009	0.387	0.02	0.838	*	0.051	*
	22/09/2009	0.010	0.185	0.026	0.998	0.021	0.044	*
	23/09/2009	0.011	0.267	0.025	0.940	*	0.046	*
	PROMEDIO	0.01	0.28	0.024	0.925		0.047	
E-2 CLASS NAZARENAS	21/09/2009	0.085	*	0.058	2.519	0.066	0.051	*
	22/09/2009	0.053	*	0.061	2.274	0.072	0.053	*
	23/09/2009	0.049	*	0.051	2.135	0.048	0.047	*
	24/09/2009	0.083	*	0.042	1.698	0.045	0.052	*
	25/09/2009	0.092	*	0.048	1.886	0.077	0.053	*
PROMEDIO	0.072		0.052	2.103	0.061	0.051		
E-3 DIRESA AYACUCHO	21/09/2009	0.026	*	0.034	1.452	0.043	0.047	*
	22/09/2009	0.017	*	0.028	1.174	0.029	0.052	*
	23/09/2009	0.013	*	0.027	1.105	0.022	0.045	*
	24/10/2009	0.013	*	0.020	1.073	*	0.051	*
	25/10/2009	0.017	*	0.026	1.212	0.028	0.052	*
PROMEDIO	0.017		0.027	1.203	0.03	0.049		
E-4 JR. ASAMBLEA		0.031	*	0.030	1.272	0.029	0.048	*
		0.022	*	0.029	1.100	0.028	0.051	*
	PROMEDIO	0.027		0.030	1.186	0.028	0.049	
CRITERIOS DE CALIDAD AMBIENTAL (AAQC) ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$)		50.00	2.00			120.00	1.50	2.00

Los valores de metales presentes se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos en el Criterio de Calidad Ambiental. Se observa presencia de Pb no significativa en la E-1 de la Micro Red San Juan Bautista en promedio de $0.280\mu\text{g}/\text{m}^3$; pero de todas maneras causa preocupación ya que solo se reporta en este punto y en las otras estaciones son menores al límite de detección del equipo.



JEANNE SALVATIERRA LIVIA
BIOLOGO
C.B.P. N° 6002



SITUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE Y RUIDO AMBIENTAL EN AYACUCHO

La contaminación del aire es la presencia de cualquier sustancia o forma de energía cuya presencia en el aire a determinadas concentraciones pueda implicar efectos molestos o nocivos para la salud de las personas y organismos vivos. Las principales fuentes de contaminación atmosférica la constituyen las emisiones derivadas de las actividades de transporte, industriales, extractivas, agrícolas y generación doméstica de calor.

Según la Encuesta Demográfica y de Salud del Perú del año 2000, alrededor de 87% de los hogares rurales y el 11% de los hogares urbanos del Perú quemar combustibles tradicionales como madera, carbón vegetal, derivados del carbón y estiércol para satisfacer sus necesidades domésticas generando material en suspensión que es uno de los contaminantes que afectan a más personas que cualquier otro contaminante, la exposición crónica a las partículas aumenta el riesgo de enfermedades cardiovasculares y respiratorias, así como de cáncer de pulmón.

En este contexto el Ministerio de Salud, a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) es el órgano competente en realizar la Vigilancia de la Calidad del Aire en el Perú.

Con el propósito de evaluar y determinar la calidad del aire en la ciudad de Ayacucho el pasado mes de abril la Dirección General de Salud Ambiental – DIGESA en coordinación con la Dirección de Salud Ambiental de la DIRESA-Ayacucho realizó el primer monitoreo en tiempo de lluvia, para ello se instalaron seis estaciones de monitoreo que abarcaron los distritos de Ayacucho, San Juan Bautista, Carmen Alto y Jesús Nazareno, utilizando como indicadores los siguientes contaminantes: material particulado en suspensión menor a 10 micras PM 10, metales pesados y ruido ambiental. Así mismo se realizó la medición del ruido ambiental en zonas de alto tránsito vehicular en tres estaciones teniendo como horarios de medición (mañana, tarde y noche).

1. RESULTADOS DEL MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE AYACUCHO 2012

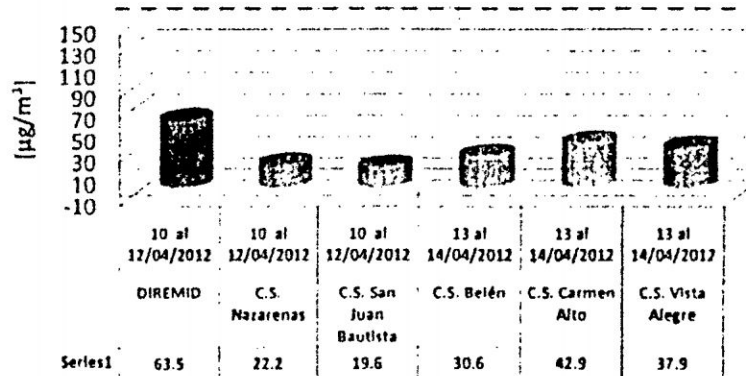
1.1 MATERIAL PARTICULADO EN SUSPENSIÓN MENOR A 10 MICRAS (PM10)

De los resultados del monitoreo podemos precisar la existencia de material particulado en suspensión menores a 10 micras PM10 en nuestra ciudad, sin embargo, todos los valores registrados en las seis estaciones de monitoreo se encuentran por debajo de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (valor establecido para 24 horas de monitoreo en los ECAs, D.S N°074-2001-PCM), el valor más alto se registró en la estación ubicada en la Av. Javier Pérez de Cuellar (E1-DIREMID) con un promedio de $63.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y el valor mínimo se registró en la estación ubicada en la Av. Las Malvinas (E3-C S San Juan Bautista) con un promedio de $19.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

La presencia de PM10 se debe a la tendencia creciente del parque vehicular compuesto por automóviles, omnibuses y motocar que eliminan partículas por el tubo de escape, otra fuente de emisión serían las calles y avenidas sin pavimentar en las zonas del cono de nuestra ciudad, a esto se suma el arrastre de tierra que se produce en las zonas altas en temporadas de lluvia las cuales ingresan por las principales calles de nuestra ciudad que al secarse por acción de los rayos solares y alto tránsito de vehículos generan partículas en suspensión en el ambiente.

Concentración Promedio de PM10 Ayacucho 2012

ECA (24 horas) = $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$



Fuente: Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA).



1.2 CONCENTRACIÓN DE METALES PESADOS (Cu, Pb, Mn, Hierro, Zn, Cr y Cd)

Los metales pesados evaluados, tales como el Cobre, Plomo, Manganeseo, Hierro, Zinc, Cromo y Cadmio presentaron valores por debajo de los Criterios de Calidad Ambiental de Ontario Canadá para promedios de 24 horas, no siendo significativa su presencia en el ambiente.

PROMEDIO DE CONCENTRACION DE METALES PESADOS POR ESTACION

COD.	ESTACION	FECHA	Cu	Pb	Mn	Fe	Zn	Cr	Cd
E-1	DIREMID	10 al 12/04/2012	0.028	0.012*	0.033	0.888	0.017	0.007*	0.004*
E-2	C.S. Nazarenas	10 al 12/04/2012	0.020	0.012*	0.013	0.332	0.012	0.007*	0.004*
E-3	C.S. San Juan Bautista	10 al 12/04/2012	0.011	0.012*	0.008	0.206	0.012	0.007*	0.004*
E-4	C.S. Belén	13 al 14/04/2012	0.044	0.012*	0.018	0.345	0.027	0.007*	0.005*
E-5	C.S. Carmen Alto	13 al 14/04/2012	0.026	0.012*	0.011	0.203	0.013	0.007*	0.005*
E-6	C.S. Vista Alegre	13 al 14/04/2012	0.008	0.013*	0.015	0.311	0.011	0.007*	0.005*
AAQC de Canadá			50	0.5	2.5	2.5	120	1.5	2

Nota: Los valores están expresados en microgramos por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

(*) Menor al límite de Cuantificación del Método (LCM) dado por el laboratorio.

AAQC de Canadá: Desirable Ambient Air Quality Criteria (Criterios de Calidad de Aire Ambiental)

1.3 PARAMETROS METEREOLÓGICOS

En cuanto a las variables meteorológicas durante la ejecución del monitoreo, la dirección del viento es variable con una predominancia de Este a Noreste (ENE) y Norte a Este (NE), la temperatura promedio es de 17.38°C, la velocidad promedio fue de 1.24 m/s y la humedad relativa 61.77%.

1.4 MEDICION DE RUIDO AMBIENTAL

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en zonas de alto tránsito vehicular en tres estaciones de medición ubicadas en el distrito de Ayacucho, presentando un comportamiento similar en las tres estaciones teniendo como horarios de medición (mañana, tarde y noche)

Todas las mediciones realizadas exceden el Estándar Nacional de Calidad Ambiental para Ruido en zona comercial horario diurno establecido en el D.S.N° 085-2003-PCM de 70 dB.

MEDICION DE RUIDO AMBIENTAL

CODIGO	ESTACION	FECHA	HORA	NPS equivalente dB (A)	NPS máximo dB(A)	NPS mínimo dB (A)
E-1R	Cruce Jr. Asamblea con Av. Mariscal Cáceres	12/04/2012	07:29	74.7	95.7	59.5
			12:59	75.1	91.1	72.6
			18:05	76.2	101.6	65.6
		14/04/2012	07:16	70.8	85.2	54.6
			13:03	73.6	92.3	62.5
			18:34	74.9	93.2	65.2
E-2R	Cruce Jr. Grau con Jr. Carlos F. Vivanco	12/04/2012	13:55	74.5	90.9	60.2
			06:57	73.6	93.4	58.7
			07:40	74.6	90.5	60.5
		14/04/2012	07:42	77.8	99.8	56.8
			13:30	75.5	99.5	58.3
			19:09	81.2	112.2	59.7
E-3R	Cruce Jr. Dos de Mayo con Jr. Carlos F.	12/04/2012	08:23	74.5	90.9	60.2
			13:51	73.6	93.4	58.7
			18:53	74.6	90.5	60.5



	Vivanco	14/04/2012	08:06	77.8	99.8	56.8
			13:51	75.5	99.5	58.3
			19:23	81.2	112.2	59.7

*NPS (A) : Nivel de Presión Sonora equivalente con ponderación A
dB (A) : Decibeles en ponderación A

2. CONCLUSIONES

- ❖ Los resultados obtenidos durante la realización del Monitoreo de la Calidad del Aire en temporada de lluvia, muestran concentraciones de material particulado en suspensión menores a 10 micras las cuales se encuentran por debajo del Estándar Nacional de Calidad del Aire, sin embargo existe un incremento de la concentración de este parámetro en la estación ubicada en la Av. Pérez de Cuellar (DIREMID), la cual se debería al permanente movimiento vehicular en la zona.
- ❖ Las concentraciones de metales pesados registradas durante el monitoreo en las diferentes estaciones, no son significativas, todas se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para Aire.
- ❖ Si bien es cierto que los resultados de PM10 y metales pesados evaluados se encuentran dentro de los ECAS; esto no significa que puedan estar presentes otros contaminantes en el aire de nuestra ciudad.
- ❖ El ruido ambiental registrado en las tres estaciones con alto tránsito de vehículos tuvo significativa incidencia excediendo el respectivo Estándar de Calidad Ambiental para Ruido en zona comercial según el D.S.N° 085-2003-PCM. Por ende representa posibles riesgos en la salud de la población adyacente.

3. RECOMENDACIONES

- ❖ Se recomienda que las municipalidades provinciales y distritales dentro de sus competencias efectúen el cumplimiento de sus ordenanzas municipales respecto a ruidos, humos y gases, de esta manera garantizar que dichos factores no pongan en riesgo la salud de la población. Así mismo de no contar con dichas ordenanzas implementarlas.
- ❖ Se recomienda evaluar el comportamiento de la calidad del aire en nuestra ciudad en época de seca, debido a que las corrientes de viento dispersan el polvo tanto de las zonas sin pavimentar y de las zonas altas de nuestra ciudad que carecen de cobertura vegetal, lo cual sería de impacto para la toma de decisiones.
- ❖ Es necesario realizar la evaluación de otros contaminantes, principalmente gases tales como NO₂, SO₂, CO cuya fuente fundamental es el parque automotor, el cual es un problema frecuente en nuestra ciudad debido a su crecimiento desmedido



Jeanine Salvatierra Livia
JEANINE SALVATIERRA LIVIA
BIÓLOGO
C.B.P. N° 6002