

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA  
Y GEOGRÁFICA**

**E.A.P.DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA**

**Determinación de áreas con aptitud para la expansión  
urbana con fines de ordenamiento territorial aplicando el  
análisis espacial multicriterio:**

caso: cuenca baja del río Lurín

TESIS

para optar el título de Ingeniero Geógrafo

AUTOR

Rubén Armando Daga López

Lima – Perú

2009

**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
(Universidad del Perú, Decana de América)  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
GEOGRÁFICA**

**“Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión  
Urbana con fines de Ordenamiento Territorial  
Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio”  
Caso: Cuenca Baja del Río Lurín**

Tesis para optar al título profesional de Ingeniero Geógrafo

Presentado por:

Bach. RUBÉN ARMANDO DAGA LÓPEZ

---

MAG.ING. CARLOS CABRERA CARRANZA  
Presidente del Jurado Calificador

---

GEÓG. ZOILA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ  
Miembro del Jurado Calificador

---

ING. RENÁN PACHECO ABAD  
Miembro del Jurado Calificador

---

ING. JOSE LUIS QUISPE VILCHEZ  
Asesor

Ciudad Universitaria, Octubre del 2009

## DEDICATORIA

*A la memoria de mi padre Ricardo, que me enseñó a seguir mis propios ideales.*

*A mi madre María, quien me enseñó a ser valiente ante las adversidades.*

*A mis hermanos por el apoyo brindado y el respeto a mis ideas.*

## **Agradecimiento**

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geográfica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a través de sus autoridades y profesores, por la formación académica impartida y la incondicional cooperación recibida para la elaboración de esta tesis.

A mi asesor y amigo el Ingeniero José Luis Quispe Vílchez, por su guía para la realización de este trabajo.

Al Mag. Ing. Carlos Cabrera Carranza, Ing. Renán Pacheco Abad y Geog. Zoila Rodríguez Sánchez, por las invaluable sugerencias y alcances brindados.

A mis amigos y compañeros de la E. A. P. de Ingeniería Geográfica de la UNMSM, por los esfuerzos en conjunto para concluir la carrera y los gratos momentos a lo largo de la misma.

## RESUMEN

Existe la necesidad creciente de atender la demanda de tierras para nuevos asentamiento urbanos en la ciudad de Lima ya que su población sigue creciendo y se va asentado de manera desordenada en áreas agrícolas y zonas que no tienen las condiciones necesarias para su habitabilidad; por lo que urge contar con métodos y técnicas que permitan en forma eficiente encontrar y evaluar nuevas áreas para asentamientos urbanos, propiciando una mejor distribución de la población.

La presente investigación se basa en el análisis del crecimiento urbano en la ciudad de Lima Metropolitana (Perú), a partir de fotografías aéreas de los años 1944 y 1990 e imágenes satelitales de los años 2005 y 2007 con el fin de proyectar el crecimiento urbano hasta el año 2020 y estimar las áreas que se necesitarán para nuevos asentamientos urbanos.

A través del uso de los Sistemas de Información Geográfica se escoge un área al sur del centro de la ciudad, por tener zonas agrícolas de interés y estar influenciado por el crecimiento urbano, en esta zona se realizó un Análisis Espacial Multicriterio para localizar áreas que reúnan las condiciones necesarias para su habitabilidad en términos de vivienda y acceso a los servicios básicos, que a su vez se encuentran en armonía con el medio ambiente, para lo cual se evaluó los aspectos físicos, sociales y económicos del área de estudio, luego se analizó tres alternativas de expansión para priorizarlas tomando en cuenta la población beneficiada y su comunicación con el resto de la ciudad. A partir del Análisis Espacial Muticriterio, se llegó a determinar la mejor alternativa para la expansión al sur de Lima, sin poner en riesgo las áreas agrícolas y teniendo acceso a los servicios básicos.

Con la presente investigación, se demuestra que el Análisis Espacial Multicriterio, apoyados en sistemas de información Geográfica, son de utilidad para definir áreas de expansión urbana y apoyar a un adecuado ordenamiento territorial de los nuevos asentamientos humanos y manejo adecuado de los Recursos Naturales.

## INDICE

<b>CAPITULO I: INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	4
1.3. HIPOTESIS.....	4
1.4. OBJETIVO .....	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos Específicos .....	4
1.5. AMBITO DE ESTUDIO.....	5
1.6. CONTEXTO HISTORICO: CRECIMIENTO URBANO Y POBLACIONAL.....	7
1.6.1. Lima Colonial:.....	7
1.6.2. Las Primeras Invasiones Autónomas entre 1900-1945 .....	8
1.6.3. El Surgimiento del Movimiento de Pobladores: 1945 - 1948 .....	10
1.6.4. El Control de la Migración por la Clase Dominante y el Estado 1948 - 1968 .....	10
1.6.5. Participación Controlada y la Independencia de la Migración 1968 - 1975 .....	12
1.6.6. La Articulación de la Migración y el Movimiento Obrero y Popular 1975 - 1980 ....	13
1.6.7. La Crisis del Estado Benefactor y la Centralización de la Migración 1980 - 1990..	13
1.6.8. El Periodo 1990 - 2000.....	14
1.6.9. El Periodo 2000 - 2008.....	14
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO.....</b>	<b>15</b>
2.1 ORDENAMIENTO, GESTION TERRITORIAL Y RECURSOS NATURALES	15
2.1.1 Planificación Territorial.....	15
2.1.2 Zonificación Ecológica Económica .....	15
2.1.3 Sostenibilidad Ambiental.....	15
2.1.4 Desarrollo Sostenible de la Tierra .....	16
2.1.5 Medio ambiente y su protección .....	16
2.1.6 Territorio Urbano.....	16
2.1.7 Crecimiento Urbano .....	17
2.1.8 Habitabilidad .....	17
2.1.9 Aptitud .....	17
2.2 CRECIMIENTO URBANO Y ANALISIS DE RIESGO .....	18
2.2.1 Amenaza .....	18
2.2.2 Vulnerabilidad .....	18
2.2.3 Riesgo .....	19
2.3 IMPORTANCIA DE LA INFORMACION GEOGRAFICA .....	19
2.3.1 Fotografías Aéreas .....	19
2.3.2 Imágenes Satelitales.....	20

2.4	LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y EL ANALISIS ESPACIAL MULTICRITERIO .....	20
2.4.1	Evaluación Multicriterio .....	21
2.4.2	Evaluación Espacial Multicriterio .....	21
2.4.3	Componentes de Evaluación Espacial Multicriterio .....	22
2.4.3.1	Los Objetivos .....	22
2.4.3.2	Alternativas .....	22
2.4.3.3	Los Criterios .....	23
2.4.3.4	Las Reglas de Decisión .....	24
2.4.3.5	La Evaluación .....	25
2.4.4	Fases de Aplicación de la Evaluación Espacial Multicriterio .....	25
2.4.4.1	Fase Inteligente .....	27
2.4.4.2	Fase de Diseño .....	30
2.4.4.3	Fase de Selección .....	31
2.5	APLICACION SIG: PLANIFICACION TERRITORIAL .....	32
2.5.1	Aplicaciones de los SIG en el Estudio del Territorio .....	32
2.5.2	Los SIG en las Etapas de Planificación del Territorio .....	32
2.5.3	Modelamiento Cartográfico .....	33
2.5.4	Definición de los Factores y Limitantes de los Arboles de Criterio .....	34
2.5.4.1	Árbol de Criterio de Selección .....	34
2.5.4.2	Definición de los Elementos del Árbol de Criterio Evaluación .....	35
<b>CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO .....</b>		<b>36</b>
3.1.	PRIMERA ETAPA: RECOLECCION Y REVISION DE LA INFORMACION ...	36
3.1.1.	Revisión de la Información existente .....	36
3.1.2.	Revisión de la Cartografía Temática existentes .....	36
3.2.	SEGUNDA ETAPA: MODELAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION	38
3.2.1.	Análisis Multitemporal .....	38
3.2.1.1.	Proyección del Crecimiento Urbano 2008 – 2020 .....	39
3.2.1.2.	Proyección del Crecimiento Poblacional 2007 – 2020 .....	39
3.2.2.	Análisis Multicriterio .....	40
3.2.2.1.	Selección del Área a Analizar .....	40
3.2.2.2.	Diseño del Modelo para Selección de Alternativas .....	40
3.2.2.3.	Factores y Criterios de Estandarización .....	41
3.2.2.4.	Diseño del Arbol de Criterio para Diseño de Alternativas .....	46
3.2.2.5.	Diseño de Alternativas .....	48
3.3.	TERCERA ETAPA: EVALUACION DE ALTERNATIVAS .....	48
3.3.1.	Diseño del Modelo para Evaluación de Alternativas .....	48
3.3.2.	Factores y Criterios de Estandarización .....	49
3.3.3.	Diseño del Árbol de Criterio para Evaluación de Alternativas .....	52
3.3.4.	Construcción de la Tabla de Agregación Espacial de las Alternativas .....	54
3.3.5.	Interpretación de los Resultados y Conclusiones .....	54

<b>CAPITULO IV: MODELAMIENTO CARTOGRAFICO Y ANALISIS ESPACIAL MULTICRITERIO .....</b>	<b>55</b>
4.1. MODELAMIENTO CARTOGRAFICO.....	55
4.1.1. Análisis del Proceso de Ocupación en los Años 1944, 1990, 2005 y 2008.....	55
4.1.2. Análisis Poblacional de la Ciudad .....	59
4.2. ANALISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR ÁREAS APTAS PARA EXPANSION URBANA. ....	66
4.2.1. Identificación de Áreas Priorizadas.....	66
4.2.2. Diseño de Selección de Alternativas.....	66
4.2.3. Evaluación de Alternativas .....	71
4.2.4. Tabla de Agregación Espacial.....	73
4.2.5. Características de Alternativa Seleccionada.....	74
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>76</b>
5.1. CONCLUSIONES .....	76
5.2. RECOMENDACIONES .....	77
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>81</b>



## Lista de Cuadros

Cuadro 01: Pesos de Criterios Según Valor Esperado .....	28
Cuadro 02: Pesos de Criterios Según Rank Suma .....	29
Cuadro 03: Información Base .....	38
Cuadro 04: Estandarización de los Valores de Pendiente .....	43
Cuadro 05: Establecimientos de Pesos de los Factores de Selección .....	47
Cuadro 06: Reclasificación de la Aptitud .....	48
Cuadro 07: Establecimientos de Pesos de los Factores de Evaluación .....	53
Cuadro 08: Tabla de Agregación Espacial .....	54
Cuadro 09: Comportamiento del Area Urbana de Lima entre los años 1944 – 2008 .....	55
Cuadro 10: Proyección del Crecimiento Urbano de Lima al 2020 .....	57
Cuadro 11: Población de Lima en los Censos 1972, 1981, 1993, 2005 y 2007 .....	61
Cuadro 12: Proyección del Crecimiento Poblacional de Lima .....	63
Cuadro 13: Resultado de la Agregación Espacial de las Alternativas .....	73

## Lista de Figuras

Figura 01: Plano de la Ciudad de los Reyes de 1685.....	8
Figura 02: Comportamiento del Factor como Beneficio.....	23
Figura 03: Comportamiento del Factor como Costo.....	24
Figura 04: Fases de Aplicación de la Evaluación Espacial Multicriterio.....	26
Figura 05: Flujograma General del Estudio.....	37
Figura 06: Árbol de Criterio de Diseño de Alternativas.....	40
Figura 07: Distancia a Abastecimiento de Agua Potable.....	42
Figura 08: Distancia a Sub Estación de Energía Eléctrica.....	42
Figura 09: Distancia a Línea de Transmisión Primaria.....	42
Figura 10: Distancia a Línea de Transmisión Secundaria.....	42
Figura 11: Distancia a Laguna de Oxidación.....	43
Figura 12: Distancia a Ríos y Cursos de Agua.....	44
Figura 13: Distancia a Zonas de Arenamiento.....	44
Figura 14: Distancia a Centros Urbanos.....	45
Figura 15: Distancia a Vías Principales.....	45
Figura 16: Distancia a Vías Secundarias.....	45
Figura 17: Método Rank Order para la Asignación de Pesos.....	48
Figura 18: Árbol de Criterio para Evaluación de Alternativas.....	49
Figura 19: Población Beneficiada, determinada por el Area de la Alternativa.....	50
Figura 20: Distancia a Centros Urbanos.....	50
Figura 21: Distancia a Elementos de Valor Cultural.....	51
Figura 22: Distancia a Elementos de Valor Productivo.....	51
Figura 23: Distancia a Areas Agrícolas.....	51
Figura 24: Distancia a las Ruinas Arqueológico.....	52
Figura 25: Distancia a Elementos Turísticos.....	52
Figura 26: Método Rank Order para la Asignación de Pesos.....	53

Figura 27: Proyección del Crecimiento del Area Urbana.....	59
Figura 28: Comportamiento de la Población de Lima.....	59
Figura 29: Proyección del Crecimiento Poblacional de Lima.....	63
Figura 30: Árbol de Criterios para Determinar Areas de Expansión Urbana.....	67
Figura 31: Flujograma del Esquema del Arbol de Criterio de Selección.....	69
Figura 32: Árbol de Criterios para Evaluación de Alternativas.....	71
Figura 33: Flujograma del Esquema del Arbol de Criterio de Evaluación.....	72
Figura 34: Resultado de la Evaluación de Alternativas.....	73

### **Relación de Mapas**

Mapa 01: Mapa de Ubicación.....	6
Mapa 02: Expansión Urbana en Lima - 1944.....	56
Mapa 03: Expansión Urbana en Lima - 1990.....	58
Mapa 04: Expansión Urbana en Lima - 2005.....	60
Mapa 05: Expansión Urbana en Lima - 2008.....	62
Mapa 06: Expansión Urbana en Lima 1944 – 2008.....	64
Mapa 07: Área Agrícola en Lima - 2008.....	65
Mapa 08: Aptitud para Expansión Urbana.....	68
Mapa 09: Aptitud para Expansión Urbana – Reclasificado – Selección de Alternativas.....	70
Mapa 10: Alternativa Adecuada para la Expansión Urbana.....	75

## **CAPITULO I: INTRODUCCION**

En los últimos dos siglos, la humanidad ha dado pasos importantes en el descubrimiento de nuevas técnicas y tecnologías que pone a su servicio, en busca de satisfacer sus necesidades, las cuales también se han visto incrementadas. Hoy en día surge la polémica frente a este contexto, dado que se ha incrementado la presión sobre los recursos naturales, tomando conciencia que estos son limitados y su recuperación natural ya no es suficiente frente a la magnitud de las diferentes fuerzas actuantes, como la extracción de madera de los bosques amazónicos debido a la demanda en el mercado.

En la mayoría de las principales ciudades de los países latinoamericanos, se ha producido un centralismo en su mayoría de tipo económico y político, lo cual ha incrementado la migración de la población del campo a la ciudad, tratando de buscar una mejor calidad de vida, ocupando así áreas, no aptas para la habitabilidad, a su vez deteriorando los recursos naturales, viviendo muchas veces en condiciones peores del lugar de procedencia.

La ciudad de Lima, no es la excepción, el alto grado de centralismo ha traído consigo una inmigración de grandes proporciones, un fenómeno para cual la ciudad no estaba preparada, donde la población migrante se ha asentado en lugares que no son adecuados para el uso residencial, comprometiendo las áreas agrícolas proveedoras de alimentos y servicios.

Estos problemas, en conjunto con los modelos económicos vigentes y la búsqueda de alternativas de desarrollo sostenible, han impulsado el desarrollo y evolución de conceptos y técnicas del ordenamiento territorial como estrategia de los Estados para armonizar las actividades humanas, con el aprovechamiento de los recursos naturales y la distribución equilibrada de los beneficios. Utilizando las políticas de ordenamiento territorial, algunos Gobiernos de países latinoamericanos buscan corregir los problemas de uso y de ocupación inadecuada de los espacios según vocación del territorio.

## 1.1. ANTECEDENTES

Entre algunos estudios relacionados con el tema del presente estudio podemos mencionar:

- **Crecimiento Urbano, Planificación del Territorio y Cambio político: el caso de Costa Brava-España;** según Emmi, y Santigosa (1991), se analizó el tipo de crecimiento urbano inducido por el boom turístico de la región; algunos dilemas políticos planteados por la presión del crecimiento en un contexto de demandas sociales, como la calidad de vida de la nueva población se va degenerando por la escasez de servicios básicos; este estudio trata de inducir las políticas de ordenamiento para controlar el crecimiento urbano.
- **San Salvador: Crecimiento Urbano, Riesgos Ambientales y Desastres;** De igual modo, Lungo y Baires (1996), analizan las transformaciones de la economía urbana y el crecimiento acelerado de la pobreza, incremento de la fragmentación y la exclusión social, y el deterioro del medio ambiente urbano, llegando a una vulnerabilidad frente a amenazas naturales y antrópicas.
- **El Crecimiento Urbano y su Incidencia en la Vulnerabilidad Ambiental y Social. El Caso del Gran Resistencia-Argentina;** según Juan (2005); Se basó en el estudio de paisajes, apoyada en una concepción geográfica y ambiental; que responde a la necesidad de analizar y caracterizar el proceso de urbanización; valiéndose de bases cartográficas, complementadas con fotografías aéreas e imágenes satelitales, apoyados el uso de SIG que permitan analizar y evaluar las diferentes variables ambientales; determinando los ecosistemas naturales degradados debido al crecimiento desordenado.
- **Estudio de la Influencia del Crecimiento Urbano de la Ciudad de Loja en los Caudales de Crecida en la Cuenca del Rio Zamora – Ecuador;** según Oñate – Valdivieso (2005); este estudio se apoyó en el uso de los Sensores Remotos y SIG para analizar la relación entre el crecimiento urbano, con los caudales de retorno de la cuenca, donde se concluye que las cuencas que experimentan mayor crecimiento de área urbana son las que presentan un mayor incremento en sus caudales (Área de Hidrología UCG-SIG de la Universidad Técnica Particular de Loja).

En el Perú se han realizado estudios sobre el desarrollo, crecimiento urbano y como viene afectando a los Recursos Naturales, en las principales ciudades.

También se vienen realizando a nivel provincial, planes de desarrollo urbano; los cuales promueve el desarrollo y crecimiento de la ciudad; entre los estudios realizados en Lima se encuentran:

- **Plan de Ordenamiento Territorial – Ambiental de la Cuenca del Río Chillón – Lima;** ONG Alternativa; donde con el uso de SIG, tomando en cuenta las variables Biofísicas y Socio ambientales de la cuenca, se trata de obtener la aptitud del área en diferentes aspectos, una de ellas es la habitabilidad urbana en armonía con su medio ambiente.
- **“Plan Estratégico para el Desarrollo Sustentable de la Cuenca del Río Lurín” elaborado por OACA, CEPA, FLACAM-2000** que ha desarrollado un esquema sustentable de ocupación urbana del suelo, manejo de recursos naturales y una estrategia de desarrollo socio-económico de la zona para hacer frente a la amenaza de la urbanización descontrolada.
- **Tesis de Maestría en Ciencias “Evaluando la relación espacial entre infraestructura vial pública e indicadores socio – económicos de pobreza urbana en el Sud de Lima, Perú; de Carvallo - ITC – 2006;** Sus objetivos apuntan a determinar las relaciones espaciales entre las nuevas infraestructuras de caminos y los indicadores Socio-económicos de la población de los distritos del sud de Lima a través de un Análisis Espacial Multicriterio.

## **1.2. JUSTIFICACION Y PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Siendo necesario atender la demanda de tierras para nuevos asentamiento urbanos en la ciudad de Lima con fines de planificación territorial, las que deben reunir las condiciones necesarias para su habitabilidad y en armonía con el medio ambiente; apoyando a un ordenamiento territorial de los nuevos asentamientos humanos.

En este sentido, es necesario realizar una evaluación de las áreas que se verían afectadas por el crecimiento urbano, la propuesta se apoyará en el uso de herramientas que permiten definir áreas aptas para la expansión urbana

## **1.3. HIPOTESIS**

Se puede definir áreas aptas para la expansión urbana a través de un Análisis Espacial Multicriterio apoyados en Sistemas de Información Geográfica.

## **1.4. OBJETIVO**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar áreas con aptitud para la expansión urbana dentro del contexto de sustentabilidad de los recursos naturales en la cuenca baja del río Lurín.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Analizar el comportamiento del proceso de ocupación del territorio bajo la presión del crecimiento urbano, a nivel de Lima Metropolitana.
- Definir áreas agrícolas para tratar de evitar su pérdida debido a la expansión urbana.
- Definir áreas aptas para la expansión urbana, en la cuenca baja del Río Lurín, a través de un Análisis Espacial usando la aplicación de Spatial Multi-Criteria Evaluation de Ilwis 3.4.

### **1.5. AMBITO DE ESTUDIO**

La ciudad de Lima Metropolitana, se encuentra ubicada en las costas del Océano Pacífico, en la vertiente occidental de la cordillera de los Andes, a orillas del río Rímac (Ver Mapa 01).

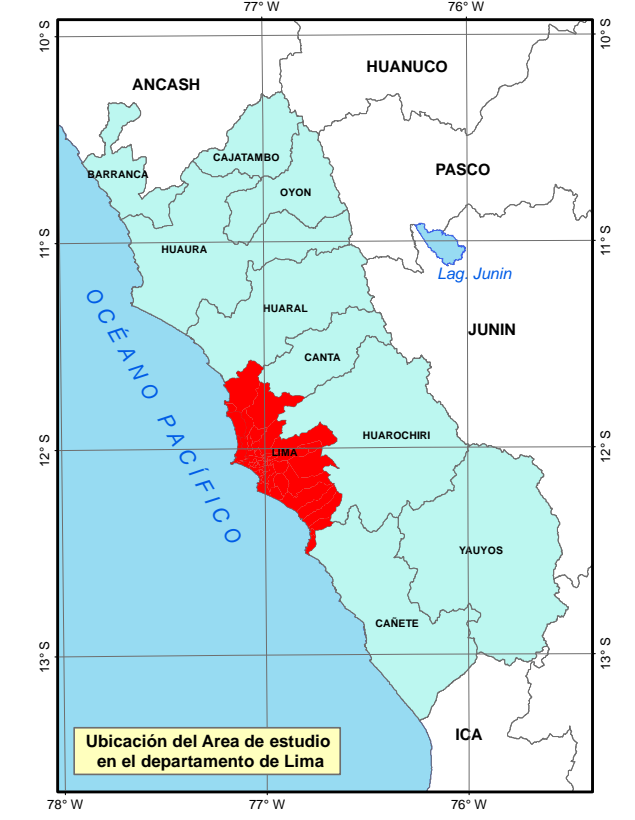
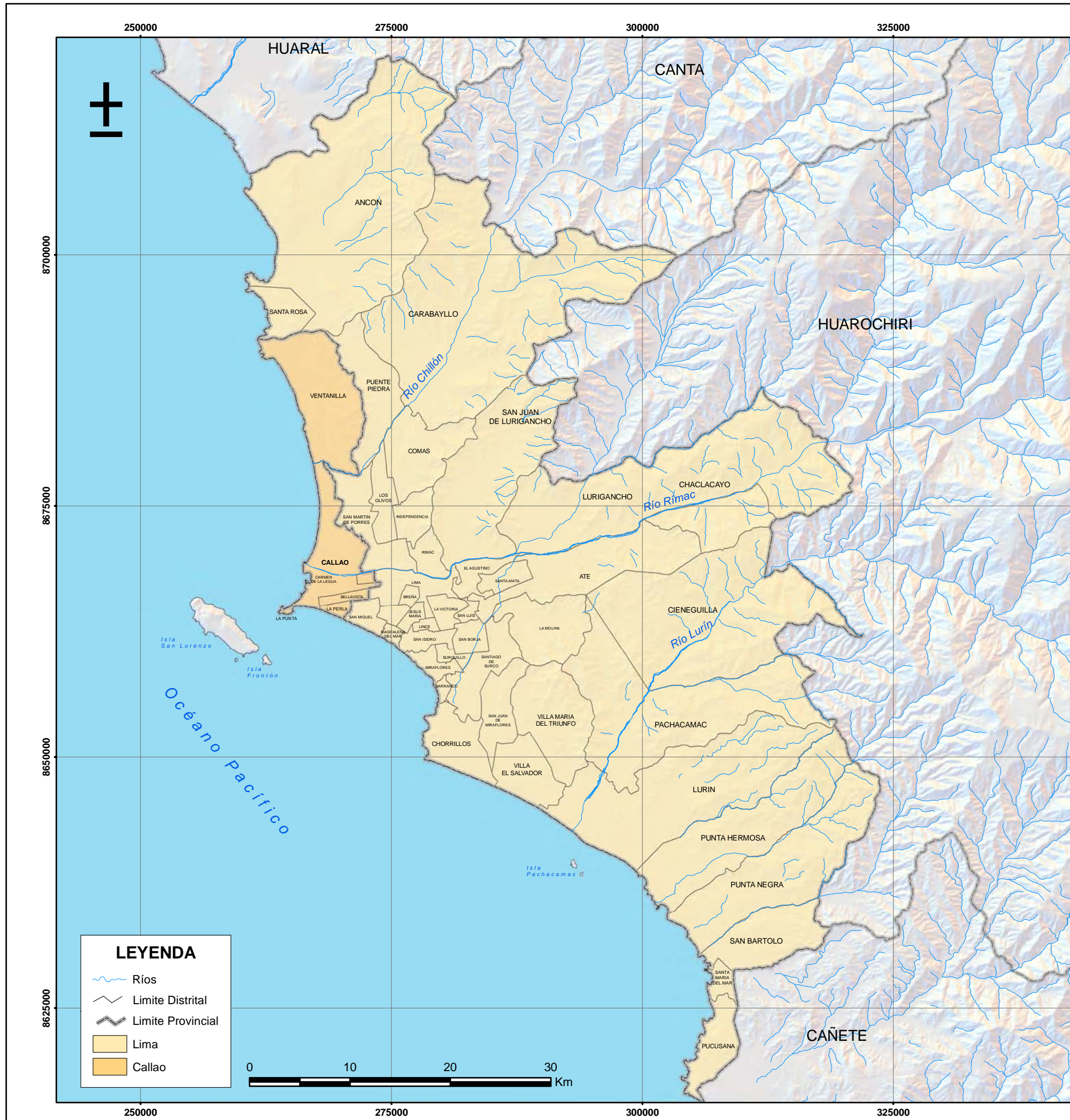
Geográficamente se encuentra ubicado entre las latitudes 11°30' y 12°30' Sur y las longitudes 76°30' y 77°15' Oeste a una altitud que varía de 0 a 2000 m.s.n.m. posee tres ríos por el Norte el río Chillón, por el Centro río Rímac y por el Sur el río Lurín.

La ciudad de Lima Metropolitana es considerada como la ciudad desértica más grande del mundo después de El Cairo (GEA 2005). El clima se caracteriza por dos estaciones marcadas: el invierno y el verano, en los meses de invierno (mayo-noviembre), las temperaturas oscilan entre 14°C y 18°C, aunque el clima invernal parece suave la alta humedad atmosférica produce la sensación de mayor frío y el litoral de la ciudad se caracteriza por una constante nubosidad y por la ocurrencia de lloviznas ligeras, a pesar de su alta humedad, las lluvias son escasas teniendo un promedio de 0 a 10 mm al año (SENAMHI). En los meses de verano (diciembre - abril), el clima es soleado y agradable, con cielos predominantemente despejados, la temperatura oscila entre 20°C y 28°C.

Lima Metropolitana, tiene una extensión aproximada de 2 665 km<sup>2</sup>, se encuentra constituida por los distritos de la provincia de Lima (42) y de la Provincia Constitucional del Callao (06). En 1940, sus habitantes eran 644 153, en 1961, 1 749 407 y en 1981, Lima tenía 4 633 793 habitantes. Su crecimiento fue vertiginoso, sobre todo en los llamados "pueblos jóvenes". En 1993, contaba ya con 6 221 000 habitantes. Según el censo del 2007 Lima ha concentrado el 30.95% (8 482 619 hab.) de la población del Perú.

Por su crecimiento explosivo, la ciudad de Lima sufre una serie de deficiencias en cuanto a servicios vitales. La migración interna es continua, sobre todo la andina, lo cual se percibe constantemente. La población es mayormente urbana (99.89%) mientras que la rural apenas llega al 0.11%.





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA  
**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **MAPA DE UBICACION**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa N°:

Fuente: IGN - IMP - INRENA      Escala: 1: 400,000      **01**

Fecha: Junio - 2008

## **1.6. CONTEXTO HISTORICO: CRECIMIENTO URBANO Y POBLACIONAL**

### **1.6.1. Lima Colonial:**

Al momento de la fundación de Lima en 1535, se trazo un rectángulo de 13 manzanas de lo largo por 9 manzanas de ancho, El damero de Pizarro, sobre la margen izquierda del Rio Rímac, las manzanas consistía en cuadraros de 125 metros de lado aproximadamente; la población inicial estaba compuesta por 69 vecinos españoles. En 1542, la ciudad se constituyo en la sede del virreynato.

Durante el siglo XVII la ciudad de Lima creció lentamente; la plaza mayor y su entorno era el núcleo de la elite administrativa, política, económica y religiosa. En 1566 se fundó el cercado, donde se fue concentrada la población indígena, se denomino cercado por estar rodeada por una cerca de 2 metros de alto, teniendo acceso por unos portones que se cerraban por las noches. A la otra margen del rio (margen derecha) surgió el Arrabal de San Lázaro, habitada principalmente por esclavos negros y de otras castas.

Entre 1607 y 1610 se construyó un puente que por más de dos siglos fue la única vía de comunicación entre Lima y el Arrabal de San Lorenzo, actual distrito del Rímac, el cercado y San Lorenzo fueron los principales ejes de crecimiento hasta el siglo XIX.

A fines del siglo XVII se construyo una muralla en semicírculo, de aproximadamente 10 kilómetros de longitud, para proteger la ciudad de piratas y otras amenazas, en 1685 la ciudad de Lima dentro de lo muralla tenía un área aproximada de 363.81 hectáreas (Ver figura 01).

A principios del siglo XVII la población era de 37 234 cifra que aumento a 62 928 hacia fines del mismo siglo.

El sismo de 1746 fue uno de los más destructivos para Lima, el cual arraso la ciudad, en el proceso de reconstrucción de Lima, se realizaron numerosas obras públicas. En 1872 se derribaron las murallas, productos de los cambios de la estructura urbana de la ciudad. Lima se fue expandiendo y modernizando mediante grandes obras de infraestructura que empezaron a construirse a partir de la segunda mitad del siglo XIX;

En 1891 la ciudad de Lima contaba con 103 956 habitantes según el censo realizado por la Municipalidad.

Figura 01: Plano de la Ciudad de los Reyes de 1685.



### **1.6.2. Las Primeras Invasiones Autónomas entre 1900-1945**

Entre 1900-1945, surgen 40 barriadas en el área de Lima y Callao. Estas primeras invasiones tuvieron un carácter espontáneo y gradual debido a que no tuvieron ninguna vinculación con fuerzas sociales y políticas.

#### **a. El Período 1900 - 1930**

Entre 1900 y 1919, sólo se registró la aparición de una pequeña barriada en la periferia de Lima denominada Tablada de Lurín, hoy el distrito de Villa María del Triunfo. Durante la dictadura de Augusto B. Leguía (1919-1930) surgen 6 barriadas, todas ellas en la periferia de Lima, propiciadas por pequeños grupos de familias pobres sin vivienda, así como por inquilinos y subarrendatarios de viviendas. Para su poblamiento, los primeros utilizaron la modalidad de invasiones violentas y progresivas de terrenos de propiedad fiscal, mientras que los segundos optaron por dejar de pagar los alquileres de las viviendas y terrenos agrícolas para luego gestionar ante el Estado la expropiación de las tierras y proceder a la adjudicación de los lotes. Como ejemplo de barriada formada por invasión organizada es Julio C. Tello (1920) en el distrito de Lurín.



Instituto Sophianun 1943



Colegio Sophianun 1958

### **b. El Período 1930 - 1940**

A lo largo de la década del 30, que comprende los “gobiernos de Sánchez Cerro” (1930-1933) y “Oscar R. Benavides” (1933-1939), surgen 7 barriadas en la periferia de la ciudad. Todas estas barriadas aparecen en la periferia de la ciudad de Lima, unas en las márgenes del río Rímac, otras en los cerros próximos al casco urbano, así como en lugares alejados de la ciudad.

La aparición de estas barriadas se explica por la existencia en Lima de una considerable población excedente que tendió a incrementarse notablemente al producirse la paralización de las obras públicas como consecuencia de la gran depresión del año 1929.

### **c. El Período 1940 - 1945**

Durante el primer “Gobierno de Manuel Prado” (1939-1945), surgen 26 barriadas, la modalidad de formación de estas barriadas es similar a la de las décadas anteriores, pues siempre son espontáneas y se ubican en la periferia de la ciudad. Sus protagonistas siguen siendo obreros, trabajadores independientes y trabajadores agrícolas (jornaleros, yanaconas y aparceros), la mayoría de ellos pertenecientes a familias pobres, que vivían como inquilinos o subarrendatarios de viviendas y terrenos agrícolas.

Este notable incremento de barriadas en Lima, los cuales albergaban alrededor de 5000 habitantes se explica, por un lado, por el crecimiento de la población de Lima, sobre todo, de la población migrante de provincianos y por otro lado, por el terremoto de 1940.

### **1.6.3. El Surgimiento del Movimiento de Pobladores: 1945 - 1948**

Durante el período de gobierno del Presidente “José Luis Bustamante y Rivero” (1945-1948), se produce el surgimiento del movimiento de pobladores en Lima como un fenómeno social. Las 16 invasiones que surgieron en ese período tuvieron como modelo a la invasión del Cerro San Cosme. Estas invasiones, no obstante por ser espontáneas y sin una clara conducción política, se caracterizaron por ser invasiones masivas, violentas y organizadas que cuestionaron el orden establecido así como la incapacidad del sistema para atender el problema de la vivienda.

### **1.6.4. El Control de la Migración por la Clase Dominante y el Estado 1948 - 1968**

Entre 1948-1968, período caracterizado por la aceleración de las corrientes migratorias del campo a la ciudad y el crecimiento de las ciudades surgen 272 invasiones. Durante este período, la clase dominante y el Estado logran controlar al movimiento de pobladores, a través de la implementación de políticas de corte populista, clientelista, asistencialista y paternalista, a través de la Ley de Barriadas N° 13517 de 1961 que se da con el fin de participar en su saneamiento, remodelación y legalización. Asimismo un alto porcentaje de instituciones públicas y privadas, como partidos políticos, que pugnaban por ganar influencia en estos sectores, apoyaron la formación de las barriadas en forma directa o indirecta.

#### **a. El Periodo 1948 - 1956**

Durante el Gobierno de “Manuel A. Odría” (1948-1956) surgen 84 barriadas con la intervención directa o indirecta del Gobierno y el encubierto concurso de organizaciones políticas. Las ocupaciones de tierras en las faldas de los cerros próximos al casco urbano, como El Agustino y San Cristóbal, su núcleo principal creció entorno del mercado Mayorista, para ramificarse en las faldas del cerro San Cristóbal y enraizarse en Leticia, Tarma Chico y Santa Rosa, así como en los márgenes del río Rímac como Fray Martín de Porres (distrito de San Martín de Porres), Pedregal, Zarumilla, Cantagallo, Reinoso y Carmen de la Legua. Durante este período construye la Unidad Vecinal No. 3.

Durante este periodo, el Estado apoyó de manera directa o indirecta en la mayoría de los casos, las invasiones de terrenos urbanos, sean estos de propiedad pública o privada, brindándoles en algunos casos autorización y en otros asesoramientos para la expropiación de tierras y la posterior adjudicación.

## **b. El Período 1956 - 1962**

Durante el segundo “Gobierno de Prado” (1956-1962) se produce el incremento más significativo de las barriadas, pues en este período surgen 104 barriadas tanto en el casco urbano concentrado como a lo largo de la zona norte (Independencia, Comas, etc.) la zona sur (Ciudad de Dios – San Juan de Miraflores) y la zona oeste de Lima (Callao), también se inicia el proyecto de la Ciudad Satélite de ventanilla en el Callao. En 1956, el área metropolitana de Lima - Callao había experimentado un sorprendente crecimiento, tanto en lo que se refiere a su población como a su perímetro urbano. En efecto mientras que en 1940, la población urbana de la gran Lima fue de 645,172 habitantes, en 1956 ésta fue aproximadamente de 1'200,000 habitantes, en otras palabras, en 16 años, la capital del Perú prácticamente había duplicado su población.

Estas invasiones de tierras eriazas, que se dieron en forma masiva a fines de la década del 50 y a principios del 60, alarmaron a la burguesía que teme una avalancha o invasión de la ciudad por los pobladores de barriadas. Frente a esta situación que se torna insostenible, el Gobierno de Prado promulga en 1961 la Ley de Barriadas N° 13517 con la finalidad de prohibir la constitución de nuevas barriadas. La ley norma la “remodelación, el saneamiento y legalización de las barriadas o barrios marginales” existentes en la áreas urbanas y suburbanas del territorio nacional, y determina que su aplicación y ejecución estará a cargo de la Corporación Nacional de la Vivienda, creada por Ley N° 10722, a través del Departamento de Barrios Marginales, entidad especialmente creada para este fin. Fue así como este departamento levanta por primera vez en el país el catastro y empadronamiento de “Barrios Marginales” mediante la técnica de interpretación aerotopográfica y diseña los planos de casi la totalidad de estos asentamientos. A pesar de que la Ley de barriadas prohíbe la constitución de nuevas barriadas, las invasiones de tierras continuaron.

## **c. El Período 1962 - 1963**

Durante el período del Gobierno Militar, de los presidentes Ricardo Pérez Godoy (1962 - 1963) y Nicolás Lindley (1963), que se instala del 18 de julio de 1962 y dura hasta el 28 de julio de 1963, surgen 14 barriadas tanto en la periferia de la gran lima como dentro del casco urbano. El gobierno militar estaba sumamente interesado en poner vigencia la Ley N° 13517 para detener el las invasiones de la propiedad pública y privada, por ello durante este período se efectuaron violentos

desalojos. Del mismo modo, el gobierno militar apoyó el papel del sector privado en la construcción de viviendas con la formación del Banco Nacional de la Vivienda por Decreto Ley N° 14390 del 31 de enero de 1963, que fusiona la Corporación Nacional de la Vivienda con el Instituto Nacional de la Vivienda.

#### **d. El Período 1963 - 1968**

Entre 1963 y 1968, período que comprende el primer "Gobierno de Fernando Belaúnde Terry" se constituyen 70 barriadas. Estos asentamientos urbanos populares surgen en un contexto en el que la aplicación de la Ley N° 13517 fue abandonada, debido a la falta de apoyo por parte del gobierno y a la oposición de la coalición mayoritaria de otros partidos políticos.

En tanto, el Gobierno de Belaúnde restaba importancia a la solución del fenómeno de la formación de las barriadas, las Mutuales, entidades que habían sido creadas para solucionar el agudo problema de la vivienda, no hacían otra cosa que "elaborar proyectos de vivienda" que sólo favorecían a los sectores de alta y mediana condición, entre los proyectos de conjuntos vecinales se tienen: La Residencial San Felipe (Jesús María), Santa Cruz, Unidades Vecinales Matute (La Victoria), Rímac, Mirones Bajos (Cercado de Lima). Si bien las mutuales podían dar préstamos sin exigir garantía (según Ley) con plazos cortos (5 años) y cómodos pagos mensuales, excluían de esta oferta para construcción de su casa al 60 % de las familias de Lima.

### **1.6.5. Participación Controlada y la Independencia de la Migración 1968 - 1975**

#### **a. El Período 1968 - 1975**

Durante 1968-1975, período que correspondió a la primera fase del "Gobierno Revolucionario de las Fuerzas Armadas" se formaron las barriadas.

En este período de reformas, conducido por el general Juan Velasco Alvarado, el gobierno militar reemplazaba las "asociaciones de pobladores" por la "organización vecinal", dentro de un nuevo tipo de proyecto político organizativo de carácter corporativo destinado a controlar y canalizar el movimiento obrero y popular, el movimiento de pobladores trataba de escapar al control del Estado pugnando por independencia política (Migraciones Internas en el Perú 1940 – 1993 INEI, 1995).

### **1.6.6. La Articulación de la Migración y el Movimiento Obrero y Popular 1975 - 1980**

Entre 1975-1980, período que correspondió a la segunda fase del "Gobierno Revolucionario de las Fuerzas Armadas" surgieron 59 barriadas. Este período estuvo caracterizado por la posición abiertamente conservadora del general Francisco Morales Bermúdez, las relaciones entre el Estado y las masas populares se tornaron violentas por la masificación de los conflictos sociales e independencia política de las organizaciones populares.

### **1.6.7. La Crisis del Estado Benefactor y la Centralización de la Migración 1980 - 1990**

#### **a. El Período 1980 - 1985**

Durante el período 1980-1985 que correspondió al segundo gobierno del Arquitecto Fernando Belaúnde Terry caracterizado por el regreso a la democracia, los intentos por desmontar las reformas de Velasco, la aparición y desarrollo de la violencia subversiva en la Sierra Centro Sur así como en las principales ciudades del país, surgieron en Lima Metropolitana más de 150 Asentamientos Humanos, por acción de familias pobres, en un contexto de marchas y movilizaciones masivas que los pobladores realizaron al centro de la ciudad en contra del aumento del costo de vida. Los programas asistencialistas que se implementaron para combatir la pobreza se realizaron mediante el programa de Cooperación Popular. En este periodo se construyeron grandes complejos habitacionales como: Las Torres de Limatambo, Santa Rosa, San Borja y Marbella.

#### **b. El Período 1985 - 1990**

Entre 1985-1990, período que correspondió al primer "Gobierno de Alan García Pérez", las invasiones de terrenos urbanos se multiplicaron, y la Municipalidad de Lima reconoció a 389 Asentamientos Humanos Marginales. En este período, paralelamente al proceso de organización autónoma y centralización de las barriadas, el movimiento de pobladores tendió a ampliar su participación en el proceso de la confrontación de clases, articulando su lucha con otras organizaciones populares, con una clara perspectiva de consolidar el movimiento urbano popular, en este periodo se creó el proyecto llamado "Ciudad Pachacutec" ubicado en el distrito de Ventanilla.



#### **1.6.8. El Periodo 1990 - 2000**

Durante gobierno del Ing. Alberto Fujimori Fujimori se caracterizó por el recrudecimiento de la violencia política en el ámbito urbano, el incremento de la pobreza y la ofensiva de "Sendero Luminoso" en los Pueblos Jóvenes de Lima, en este contexto surgen más de un centenar de Asentamientos Humanos.

El censo nacional de 1993 registró a nivel de Lima Metropolitana un total de 1147 Asentamientos Humanos o Pueblos Jóvenes que, debido a la magnitud de la pobreza existente en la capital del Perú, se había incrementado en forma alarmante en los primeros años del gobierno de Fujimori, llegando a concretar al 34% (2'188,442) del total de la población de Lima Metropolitana (6'434,323) y casi al 50% de la población de los Pueblos Jóvenes del Perú.

#### **1.6.9. El Periodo 2000 - 2008**

A partir del año 2002, durante "Gobierno de Alejandro Toledo" y el Gobierno Actual (Alan García Pérez) impulsa proyectos como Techo Propio y Mi Vivienda, que permitiendo a la población de clase media y baja a acceder a créditos hipotecarios con bajos intereses y facilidades de pago, lo cual hace que las empresas urbanizadoras compren terrenos a bajo costo; haciendo que la ciudad se expanda no solo en forma horizontal, si también en forma vertical.

## **CAPITULO II: MARCO TEORICO**

### **2.1 ORDENAMIENTO, GESTION TERRITORIAL Y RECURSOS NATURALES**

El Ordenamiento Territorial es una política de Estado, un instrumento de planificación de desarrollo por medio del cual se aspira a un desarrollo armónico con la naturaleza. Debe de tener un enfoque holístico, democrático y participativo de modo que se integre la organización político - administrativo y la proyección espacial de la política ambiental, social económica y cultural.

#### **2.1.1 Planificación Territorial**

La Planificación Territorial está entendida como proceso técnico, en tanto permite prever y decidir hoy las acciones que nos pueden llevar desde el presente hasta un futuro deseable, no en términos del futuro sino de tomar las decisiones anticipadas, racionales y pertinentes para que ese futuro ocurra. La Planificación Territorial busca una ocupación sustentable del territorio y un mayor equilibrio del desarrollo regional. (Consejo Nacional del Ambiente - 2000).

#### **2.1.2 Zonificación Ecológica Económica**

En el Decreto Supremo N°087-2004-PCM, Reglamento de Zonificación Ecológica y Económica – ZEE, señala que la ZEE es un proceso dinámico y flexible para la identificación de diferentes alternativas de uso sostenible de un territorio determinado, basado en la evaluación de sus potencialidades y limitaciones con criterios físicos, biológicos, sociales, económicos y culturales. Una vez aprobada la ZEE se convierte en un instrumento técnico y orientador de uso sostenible de un territorio y sus recursos naturales.

La ZEE, como parte del proceso de Ordenamiento Territorial, tiene como finalidad:

- a) La identificación de áreas, en las cuales el uso de las mismas, puede ser apoyados a través de proyectos de desarrollo, ejecución de programas, servicios, incentivos financieros, etc.
- b) Identificación de áreas con necesidades y problemas especiales, así como áreas que requieren protección o conservación.
- c) Proveer las bases para lograr una infraestructura de apoyo al desarrollo.

#### **2.1.3 Sostenibilidad Ambiental**

Una de las particularidades físicas más reconocidas las disciplinas de planificación territorial, es el que no da como resultado muchas ciudades iguales, sino que un conjunto diverso de centros poblados, de distinta escala, con un rol definido según el análisis de los ámbitos que los componen. De esta manera, el ordenamiento

territorial reconoce la identidad, cultura, características ambientales, aspectos económicos y sociales locales y los expresa territorialmente por medio de la determinación de usos del suelo y su respectiva normativa. Un aspecto relevante constituye el hecho de involucrar al sector privado, de una manera informada, en todo el proceso de ordenación concretando iniciativas de coordinación y concertación de criterios espaciales para agentes económicos, sociales, culturales y ambientales, con los organismos y/o servicios gubernamentales. (Comisión de Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, 1991).

#### **2.1.4 Desarrollo Sostenible de la Tierra**

Se refiere al manejo de la tierra para atender a las necesidades humanas e incluye el aprovechamiento rural de la tierra así como la explotación urbana e industrial, Este satisface las necesidades presentes, pero conservando al mismo tiempo los recursos para futuras generaciones.

El logro de un aprovechamiento sostenible de la tierra no depende solo de medidas técnicas, sino que incluye condiciones económicas y sociales que son necesarias para su éxito. El término sostenibilidad se utiliza más o menos en el mismo sentido. (FAO, 1994).

#### **2.1.5 Medio ambiente y su protección**

Según las Naciones Unidas (ONU, 2002), el medio ambiente es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos y sociales capaces de causar efectos directos o indirectos, en un plazo corto o largo, sobre los seres vivos y las actividades humanas. Una visión económica o productiva considera el medio ambiente como una fuente de recursos, un soporte de actividades productivas, un lugar donde depositar los desechos, etc.

La protección del medio ambiente, viene a estar dada por el conjunto de acciones y programas, para detener su destrucción progresiva generalmente causado por el hombre, como deforestación, contaminación de aire y agua, etc.

#### **2.1.6 Territorio Urbano**

La unión de estos conceptos tiene varias definiciones sin embargo, tomando el concepto básico de territorio que indica que es el "Medio geográfico ocupado apropiado y controlado por diferentes actores sociales" (Vargas, Galindo 2004) se entenderá territorio urbano como el medio en la cual se desarrolla un sistema urbano.

### **2.1.7 Crecimiento Urbano**

Según Collazos (2005), el crecimiento urbano es el incremento de la mancha urbana en zonas periféricas de una ciudad, las cuales cambian su uso para el establecimiento de nuevos asentamientos.

La urbanización; se define como el proceso de transformación rural-urbano, este proceso puede deberse a varias causas, una de ellas es la migración de la población asentada en áreas rurales a las ciudades. En el caso de asentamientos no planificados y de urbanización espontánea, en la mayoría de los casos, los habitantes viven en condiciones que pueden ser aún peores que las de sus zonas de origen.

### **2.1.8 Habitabilidad**

La habitabilidad hace referencia a la calidad de vida y satisfacción de las necesidades principalmente, aunque no exclusivamente, con respecto a las de tipo material que ofrece el medio urbano. Hablamos conjuntamente de la vivienda, los servicios, el espacio público, el saneamiento, entre otros; elementos que permiten condiciones apropiadas de existencia, así como el desarrollo de los potenciales humanos, económicos y productivos de una comunidad. (Gestión urbana para el desarrollo sostenible en América Latina y el Caribe Ricardo Jordán - junio de 2003).

### **2.1.9 Aptitud**

Uno de los aspectos más importantes de la planificación física del territorio es la designación de sitios aptos para un apropiado uso del suelo, la selección de sitios aptos para un determinado uso del suelo debe estar basado en un conjunto de criterios locales, para asegurar que la tasa máxima de costo – beneficio sea óptima para la comunidad. Las diversas características de un sitio (uso del suelo, pendiente, disponibilidad de agua, distancia al trabajo, etc.), influye en la aptitud para un uso específico del territorio. Un sistema de valores y ponderación se puede aplicar a los diversos aspectos de la aptitud, para establecer la aptitud total de un uso de suelo específico.

La tasa de aptitud contiene siempre un elemento de subjetividad; se debe tener precaución en su aplicación. Cuando se incluyen muchos aspectos los puntajes y ponderaciones pueden tener resultados que no pueden rastrearse.

## **2.2 CRECIMIENTO URBANO Y ANALISIS DE RIESGO**

La urbanización no tiene necesariamente que aumentar el riesgo, si se organiza adecuadamente, más bien, puede contribuir a reducirlos. Sin embargo, ciertas características claves del proceso de urbanización pueden contribuir directamente a configurar el riesgo. Cuando las ciudades se encuentran en lugares peligrosos, aumentan rápidamente el número de personas expuestas a la amenazas. Está claro que la propia exposición física no explica el aumento del riesgo ni conduce automáticamente en ellos, si el crecimiento urbano en lugares propensos a amenazas se acompaña con normas adecuadas de construcción y una buena planificación urbana, el riesgo de desastre puede controlarse e incluso reducirse. (Maskrey, 1998).

La identificación del peligro (amenaza), el análisis de las vulnerabilidades y el cálculo del riesgo son elementos fundamentales para la evaluación de riesgo, y ser tomadas en cuenta en diferentes temas, tales como la planificación de nuevas áreas para ser urbanizadas.

### **2.2.1 Amenaza**

Es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno potencialmente perjudicial dentro de un periodo de tiempo especificado y dentro de un área dada. (Van Westen 2007).

Es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto periodo de tiempo en un sitio dado. (INDECI, 2008).

Las amenazas incluyen condiciones latentes que representan futuros peligros y pueden ser de distintos orígenes: Naturales (Geológico, Hidrometeorológicos y biológicos) y/o inducidos por el hombre (la degradación ambiental y los peligros tecnológicos).

Las amenazas pueden ser combinadas, secuenciales o mezcladas por su origen y efectos, cada amenaza es caracterizada por su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad (Van Westen, 2007)

### **2.2.2 Vulnerabilidad**

Se define como el grado de resistencia y exposición física y/o social de un elemento o conjunto de elementos (vidas humanas patrimonio, servicios vitales, infraestructura, áreas agrícolas y otros), como resultado de la ocurrencia de un fenómeno actuante como amenaza (Natural o inducido por el hombre) de una magnitud dada. (Van Westen 2007).

La vulnerabilidad puede variar debido a un conjunto de condiciones y/o procesos que resultan de los factores de orden natural, físico económico, social, científico y tecnológico, político, cultural, educativo ecológico, ideológico e institucional. Estos factores varían con el tiempo. Para lo cual, dado un nivel de peligro, se debe vigilar los cambios ocasionados en los elementos expuestos. (INDECI, 2007)

### **2.2.3 Riesgo**

El término riesgo se refiere a las pérdidas esperadas a causa de una amenaza determinada en un elemento en riesgo, durante un período específico en el futuro. Según la manera en que se defina el elemento en riesgo, el riesgo puede medirse según la pérdida económica esperada, o según el número de vidas perdidas o la extensión del daño físico a la propiedad.

El riesgo puede expresarse en términos del promedio de pérdidas esperadas; por ejemplo: “25.000 vidas perdidas en un período de 30 años” o “75.000 casas han experimentado grave daño o destrucción durante 25 años” o alternativamente basado en la probabilidad: “un 75% de probabilidad de pérdida económica a la propiedad sobre 50 millones de dólares en el pueblo Puerto Nuevo dentro de los próximos 10 años” (UNDRO, 1979)

## **2.3 IMPORTANCIA DE LA INFORMACION GEOGRAFICA**

En los estudios de planificación territorial, la Información Geográfica y formulación de los modelos con el uso de los Sistemas de Información Geográfica han venido evolucionando; hoy apoyándose en otras técnicas como el análisis multicriterio.

La teoría de la decisión y los métodos de evaluación multicriterio que ella concierne no están completamente desarrollados en el campo de los SIG, lo cual produce ciertas diferencias en cuanto a la terminología empleada para definir los elementos pertenecientes a dichos métodos.

### **2.3.1 Fotografías Aéreas**

La interpretación de fotografías aéreas sigue siendo la forma de percepción remota más utilizada para diferentes aplicaciones, como catastro urbano y rural, elaboración de cartografía mediante procesos fotogramétricos, aplicaciones medioambientales, etc. mediante técnicas bien establecidas. Este amplio uso se debe a la propia capacidad de las fotografías aéreas y al hecho de que son capaces de proporcionar datos de una alta resolución espacial, por debajo de un metro de resolución, no disponibles históricamente con otros sensores.

### **2.3.2 Imágenes Satelitales**

Las imágenes satelitales es la información recogida por los satélites que se encuentran orbitando la tierra. Su interpretación esta en relación entre la respuesta espectral y las entidades presentes en el suelo, por lo que es complicada por el hecho de que las celdas de la imagen (pixeles), que pueden variar en el rango de menores a 1 m a 1 Km de tamaño dependiendo de la fuente de datos utilizada, son heterogéneas y pueden contener una mezcla de fenómenos o clases distintas. Las respuestas espectrales individuales de las entidades dentro de una celda se promedian entre sí para dar el valor final de la celda. Los métodos de teledetección son eficaces cuando el fenómeno, o las clases de fenómeno, cubren áreas mayores que el tamaño del pixel.

Por todo esto, los datos espectrales han de ser realzados, filtrados e incluso corregidos geoméricamente mediante técnicas de procesado de imágenes antes de su integración en el SIG. Hoy en día su uso ha trasladado a las fotografías aéreas a un segundo lugar, dependiendo de los objetivos del trabajo a realizar, el área de estudio y el presupuesto disponible.

### **2.4 LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y EL ANALISIS ESPACIAL MULTICRITERIO**

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son herramientas informáticas diseñadas para el manejo, gestión, análisis, representación y modelado de los fenómenos territoriales. Es decir cualquier tema que se pueda situar en un conjunto de lugares del espacio geográfico puede, en principio, ser manejada con estos instrumentos. (Bosque, 1997)

El Sistema de Información Geográfica, es un sistema computarizado que facilita la fase de entrada, análisis y presentación de datos especialmente cuando trabajamos con datos geo-referenciados. Esto quiere decir que el usuario del SIG espera apoyo del sistema para ingresar datos (geo-referenciados), para analizarlos de varias formas y generar presentaciones (mapas y otros) a partir de los datos. Varias formas de funcionalidad deben ser incluidas: varios de tipos de sistemas de coordenadas y transformaciones entre ellas, varias formas de "calculo" con datos geo-referenciados y obviamente un amplio grado de libertad en selección de parámetros de presentación como esquema de color símbolos, medios, etc. (Rolf A. de By, 2003)

### **2.4.1 Evaluación Multicriterio**

La Evaluación Multicriterio puede definirse como un conjunto de técnicas orientadas a asistir en los procesos de tomas de decisiones. El fin básico de las técnicas de la Evaluación Multicriterio es “Investigar un numero de alternativas bajo la luz de múltiples criterios y objetivos en conflicto”. (Voogd, 1983). Según eso se puede generar “soluciones compromisos y jerarquizaciones de las alternativas de acuerdo a su grado de atracción”.

La toma de decisiones multicriterio se puede entender como un “mundo de conceptos, aproximaciones modelos y métodos para auxiliar a los centros de decisores a describir, evaluar, ordenar y jerarquizar, seleccionar o rechazar objetos, en base a una evaluación, expresada por puntuación, valores o intensidades de preferencia, de acuerdo a varios criterios. Estos criterios pueden representar diferentes aspectos de la realidad”.

### **2.4.2 Evaluación Espacial Multicriterio**

La Evaluación Espacial Multicriterio es un proceso que combina y transforma los datos geográficos (la entrada) en una decisión (la salida). Este proceso consiste en procedimientos que involucran la utilización de los datos geográficos, la toma de decisiones, la manipulación de los datos y preferencias según las reglas de decisión especificadas. La diferencia con la Evaluación Multicriterio convencional es el número grande de factores necesarios a identificar y considerar, así como la magnitud de las relaciones mutuas entre estos factores. Estos factores hacen el Análisis de Espacial Multicriterio mucho más complejo y útil (Malczewski, 1999).

El Análisis Espacial Multicriterio requiere de datos en una localización geográfica de alternativas y/o datos geográficos en valores de criterios. La obtención de información en el proceso de la toma de decisión usando el análisis multicriterio se procesan con tecnologías SIG.

Los SIG y el Análisis Multicriterio son herramientas que pueden apoyar a los tomadores de decisiones logrando mayor efectividad y eficacia en el proceso de toma de decisión espacial. “La combinación de métodos de Evaluación Multicriterio y el Análisis Espacial hace referencia a la Evaluación Espacial Multicriterio”, que es un importante método de producir información pertinente sobre los problemas de decisión espaciales a tomadores de decisiones. (M. A. Sharifi).

La Evaluación Espacial Multicriterio, permite:

- Evaluar diferentes alternativas para plantear solución de un problema de decisión espacial.



- Evaluar impactos ambientales provocados por el accionar humano, a partir de la consideración de las variables naturales y antrópicas,
- Generar escenarios que permitan disminuir la incertidumbre en relación a la toma de decisiones,
- Evaluar alternativas.

### **2.4.3 Componentes de Evaluación Espacial Multicriterio**

Existen varios componentes, entre los más importantes tenemos: objetivos, criterios (factores y restricciones), reglas de decisión, funciones y evaluación. Estos componentes son explicados a continuación - según Barredo (1996) -:

#### **2.4.3.1 Los Objetivos**

De acuerdo al objeto de este estudio, un objetivo se puede entender como una función a desarrollar, que indica la estructuración de la regla de decisión o el tipo de regla de decisión a utilizar. Los objetivos son un aspecto básico para el desarrollo de un proyecto de Evaluación Multicriterio, estos pueden ser múltiples en determinados problemas de planificación, decisión o localización / asignación de actividades, con lo cual nos podemos plantear una evaluación multiobjetivo. En evaluaciones de este tipo, los objetivos pueden ser complementarios o conflictivos. De acuerdo al objetivo se puede estructurar una regla de decisión adecuada al problema planteado que integre los criterios asimismo establecidos a partir de dicho objetivo.

#### **2.4.3.2 Alternativas**

Están representadas por objetos o unidades espaciales, celdas en un modelo raster o bien polígonos, líneas o puntos en un modelo vectorial, es decir representan un sitio individual, constituyendo así la capa temática de objetos espaciales, desde el punto de vista de la planificación del territorio se trata de cada uno de las partes del territorio susceptibles a ser evaluadas y sobre las que se realizara la selección final.

Cabe destacar la enorme cantidad de alternativas que pueden formarse a partir de una capa temática, en el caso de un modelo raster estaría representado por cada una de las celdas que conforman la capa. Así mismo se indica que la mayoría de los métodos de evaluación multicriterio han sido desarrollados para evaluar un número pequeño de alternativas sobre la base de un número determinado de criterios, tomados en cuenta para decidirse por algunos de estos métodos.

### 2.4.3.3 Los Criterios

Son aquellos que dan la base para la toma de una decisión, estos pueden ser medidos y evaluados, es la evidencia sobre la cual se basa una decisión. (Eastman, 1993).

Por su parte, Voogd (1983), lo define como “un aspecto medible de juicio, por el cual una dimensión de las alternativas bajo consideraciones puede ser caracterizada”. Pueden ser de dos tipos: factores y limitantes:

#### a. **Factor**

Es un criterio que realza o detracta la capacidad de asentamiento de una alternativa específica para la actividad en consideración, éste por lo tanto debe ser medido en una escala continua. Por ejemplo, en la evaluación del empleo de maquinaria para una cosecha forestal, podríamos establecer el criterio de que las zonas con menor pendiente tengan un valor más alto que las zonas más inclinadas. Por lo tanto, las mejores áreas según el criterio de la pendiente para el empleo de maquinaria para una cosecha forestal son las de menor pendiente; los factores pueden comportarse como Beneficio o costo:

- *Beneficio*: Contribuye positivamente al objetivo (Ver Figura 02), por ejemplo a mayor distancia de las corrientes de aguas (ríos, quebradas, etc.), será mejor para ubicación de un centro educativo, ya que previene posibles inundaciones.
- *Costo*: Contribuye negativamente al objetivo (Ver Figura 03), por ejemplo a menor distancia a áreas recreativas será más favorable para la ubicación de un nuevo centro educativo.

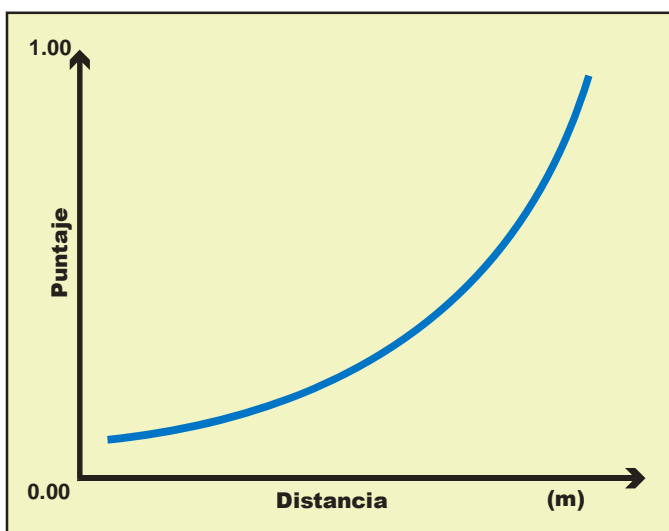


Figura 02: Comportamiento del factor como beneficio; es decir que el puntaje aumenta a medida que la distancia es mayor.

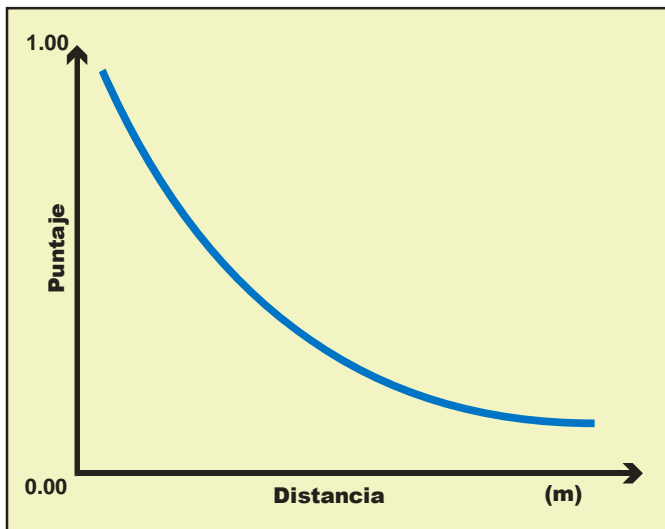


Figura 03: Comportamiento del factor como costo; es decir a que el puntaje va disminuyendo a medida que la distancia aumenta.

### **b. Limitante o Restricción**

Es un criterio que restringe la disponibilidad de algunas alternativas según la actividad evaluada; con este tipo de criterio se excluyen varias categorías de la capa analizada para la evaluación; es decir, se genera una capa binaria (0 ó 1) en la cual un código representa las alternativas susceptibles de ser elegidas para la actividad, y otro, la no disponibilidad para la actividad. Por ejemplo, a menos de 40 metros de un curso de agua no se permite realizar ningún tipo de actividad (0) y fuera de esa área si se permite realizar actividades (1). Un limitante también puede ser expresado como alguna característica que la solución final debe poseer, por ejemplo que las zonas consideradas para instalaciones industriales superen una superficie determinada.

#### **2.4.3.4 Las Reglas de Decisión**

Son procedimientos a través de los cuales se obtiene una evaluación particular, logrando comparar a través de estas distintas evaluaciones con el fin de variar alguno de sus aspectos en el caso de ser necesario. Esto es posible ya que una regla de decisión está estructurada a partir de una serie de procedimientos (aritmético-estadísticos) que permiten integrar los criterios establecidos en un índice de simple composición; asimismo, puede proporcionar la manera de comparar las alternativas utilizando dicho índice. La regla de decisión puede realizarse a priori dos tipos de procedimientos: la función de selección y la selección heurística:

##### **a. La Función de Selección:**

Se intenta clasificar las alternativas en función de una característica medible, es decir ofrece un medio matemático para comparar las alternativas, realizando algún

tipo de optimización, para lo cual requiere teóricamente que cada alternativa sea evaluada.

***b. La Selección Heurística:***

Específica un procedimiento a seguir en vez de una función a evaluar, persigue obtener una selección de sólo algunas alternativas del conjunto global de ellas, es de uso común debido a su simplicidad de comprensión e implementación.

Un ejemplo de la aplicación de una función de selección y una selección heurística puede establecerse a partir de una capa de un modelo de decisión, evaluado sobre la capacidad para el asentamiento urbano. Así a través de la función de la función de selección se podría definir las áreas susceptibles de ser urbanizadas, así como las que no lo son, o bien formar grupos jerárquicos de capacidad de urbanización, mientras que en una función heurística podríamos seleccionar las mejores áreas para el asentamiento urbano. El primer procedimiento clasifica mientras que el segundo selecciona.

**2.4.3.5 La Evaluación**

Una vez que la regla de decisión ha sido estructurada, el proceso de aplicarla sobre las capas-criterio se llama evaluación, que producirá finalmente el modelo de decisión. La regla de decisión incluye procedimientos para llevar a cabo la Evaluación Espacial Multicriterio, así como para actuar sobre los resultados de la evaluación.

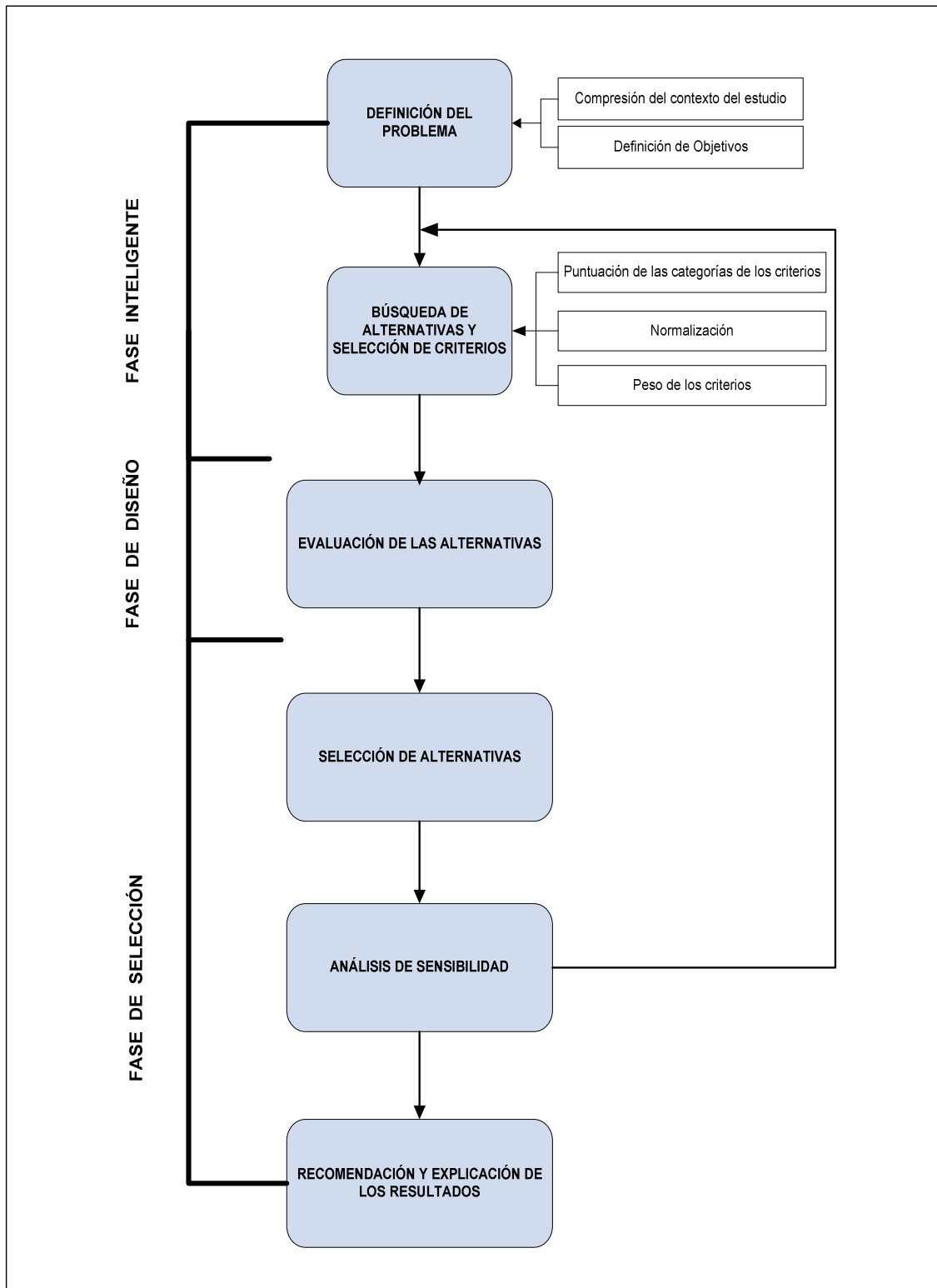
El objetivo inicial de la evaluación puede desglosarse en varios objetivos específicos que indiquen como van actuar la regla de decisión, así mismo los criterios son estructurados en buena medida, en función de los objetivos propuestos, es decir cada objetivo puede ser representado por uno o varios criterios, con cuya optimización se lograrán los objetivos.

El Análisis Espacial Multicriterio, es un proceso de combinación y transformación de datos geográficos en una decisión, este proceso implica la utilización de datos geográficos, la preferencia de los tomadores de decisiones y la manipulación de datos y preferencias acordes con la regla de decisión.

**2.4.4 Fases de Aplicación de la Evaluación Espacial Multicriterio**

La correcta aplicación de estos métodos ha de seguir un modelo racional de toma de decisiones (Ver figura 04) que se puede estructurar en las siguientes grandes fases:

Figura 04: Fases de Aplicación de la Evaluación Espacial Multicriterio



Fuente: Elaboración Propia a partir de Gómez y Barredo e Ilwis 3.4

#### **2.4.4.1 Fase Inteligente**

##### **A. Definición del Problema**

Existe un estado actual y un estado deseado y la diferencia entre los dos, se formula como un problema de decisión, aquí se plantea los objetivos que va a condicionar todo el proceso del estudio.

##### **B. Búsqueda de Alternativas y Selección de Criterios**

Se plantean las posibles alternativas (espacio a Evaluar) o potenciales soluciones al problema (en un caso de planificación, el territorio potencial donde desarrollar la actividad propuesta) y se establece los criterios mediante los cuales se evaluarán dichas alternativas.

Los criterios están asociados a entidades geográficas y a la relación entre entidades, por lo tanto pueden representarse en forma de capas temáticas. Los criterios deben de ser:

- Completo: Tienen que cubrir todos los aspectos del problema.
- Operacional: Deben ser significativos para el análisis.
- Permitirán descomponer en partes más pequeñas de tal modo que nos lleven a simplificar el proceso.
- No redundantes;
- Mínimo: Debemos intentar utilizar el menor número de variables posibles, para reducir el proceso de recolección de datos.

##### **a. Ponderación de Factores**

La asignación de pesos se realiza en función a la importancia relativa del criterio en relación al tema de estudio. Según la importancia de cada componente, los pesos normalizados son calculados, estos cumplen las siguientes condiciones:

- No pueden ser negativos
- Para los criterios en un grupo la suma de los pesos es igual a 1 (En el Caso de Ilwis 3.4).

Para la asignación de pesos existen diversos métodos; aquí solo mencionare los métodos que proporciona el Programa Ilwis 3.4:

##### *i. Método Directo:*

Consiste en la asignación manual de pesos de los factores (grupo de factores). En el método directo, el usuario estima la importancia relativa de cada factor y opcionalmente del grupo de factores. Al definir los pesos son automáticamente normalizados

ii. *Método de Comparación por pares:*

Este método es conocido también como Proceso Analítico Jerárquico MJA (Siglas en inglés, AHP), que fue desarrollado por Thomas Saaty en 1980; consiste en comparación entre pares de factores, e indicar cuál es el factor más importante, en términos cualitativos; este método convierte esta comparación cualitativa en pesos cuantitativos para factor.

iii. *Método Rank Order*

Los pesos se ajustan según orden de jerarquía (importancia del criterio) dentro de un conjunto de pesos posibles para los que el peso del más importante es siempre mayor al segundo más importante y el peso del último criterio (menos importante) es mayor a cero:  $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n \geq 0$

Este se subdivide en dos métodos:

- *Valor esperado:*

Se calcula  $W_k$  para el criterio k de acuerdo a la siguiente fórmula donde n es el número de criterios

$$w_k = \sum_{i=1}^{n+1-k} \frac{1}{n(n+1-i)}$$

Esto ha permitido calcular pesos para cada factor según la importancia de cada criterio respecto a todos los otros considerados (Ver cuadro 01). Cuando el criterio tiene la misma importancia se asigna el mismo peso.

Cuadro 01: Pesos de Criterios Según Valor Esperado.

Numero de criterios	Valor Esperado					
	E(w1)	E(w2)	E(w3)	E(w4)	E(w5)	E(w6)
n						
2	0.75	0.25				
3	0.61	0.28	0.11			
4	0.52	0.27	0.15	0.06		
5	0.46	0.26	0.16	0.09	0.04	
6	0.41	0.26	0.16	0.10	0.06	0.03

- *Rank Sum*

Se calcula  $W_k$  para el criterio k de acuerdo a la siguiente fórmula donde n es el número de criterios, donde se calcula el valor del peso (ver cuadro 02):

$$W_k = \frac{n + 1 - k}{\sum_{i=1}^n (n + 1 - i)}$$

Cuadro 02: Pesos de Criterios Según Rank Suma.

Numero de criterios <b>n</b>	Valor Esperado					
	<b>E(w1)</b>	<b>E(w2)</b>	<b>E(w3)</b>	<b>E(w4)</b>	<b>E(w5)</b>	<b>E(w6)</b>
2	0.66	0.33				
3	0.50	0.33	0.17			
4	0.40	0.30	0.20	0.10		
5	0.33	0.27	0.20	0.13	0.07	
6	0.29	0.24	0.19	0.14	0.10	0.05

**b. Normalización o Estandarización de los factores:**

En cualquier estudio que se pretenda integrar distintos factores, variables o criterios, independiente al tipo de evaluación a emplear, es conveniente que se haga en escalas comparables; con el fin de hacer comparables los criterios de una manera que tenga sentido, tienen que ser normalizados, es decir transformados en una misma unidad. Hablaremos de los utilizados por Ilwis 3.4.

*i. Estandarización de Factores (Costo o Beneficio)*

- *Máximo:* Se utiliza este método, cuando se estandariza los valores entre cero hasta el máximo valor del mapa (factor). El cual se calcula de acuerdo a las siguientes formulas:

Factor como beneficio:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{valor}}{\text{valor mas alto}}$$

Factor como costo:

$$\text{Valor normalizado} = 1 - \frac{\text{valor}}{\text{valor mas alto}}$$

- *Intervalo:* Se utiliza este método, cuando se estandariza entre los valores absolutos, alto y bajo, el cálculo se efectúa de acuerdo a las siguientes formulas:

Factor como beneficio:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{valor} - \text{valor mas bajo}}{\text{valor mas alto} - \text{valor mas bajo}}$$



Factor como costo:

$$\text{Valor normalizado} = 1 - \frac{\text{valor} - \text{valor mas bajo}}{\text{valor mas alto} - \text{valor mas bajo}}$$

- *Meta*: Se utiliza este método, cuando se estandariza entre dos valores de referencia, el cálculo se efectúa de acuerdo a las siguientes formulas:

Factor como beneficio:

$$\text{Valor normalizado} = \frac{\text{valor} - \text{valor mas bajo}}{\text{valor meta minimo} - \text{valor mas bajo}}$$

Factor como costo:

$$\text{Valor normalizado} = 1 - \frac{\text{valor} - \text{valor mas bajo}}{\text{valor meta maximo} - \text{valor mas bajo}}$$

## ii. Estandarización de Criterios Limitantes

Cuando el mapa se utiliza como limitante se utiliza el método booleano, es decir verdadero (1) o Falso (0), de acuerdo al objetivo de estudio.

### 2.4.4.2 Fase de Diseño

#### A. Evaluación de las Alternativas

Establecido la puntuación y los pesos para los distintos criterios el siguiente paso consiste en evaluar cada alternativa, es decir averiguar el nivel de adecuación e impacto de cada alternativa en función de los criterios establecidos, para conseguir el objetivo planteado, para poder realizar dicha evaluación, se tiene que utilizar uno de los métodos de evaluación multicriterio.

##### a. **Sumatoria Lineal Ponderada:**

Se trata de uno de los métodos más utilizados (utilizados en Ilwis 3.4), por ser sencillo, intuitivo y fácil de implementar. La obtención del nivel de adecuación de cada alternativa se halla multiplicando los pesos por los puntajes ya estandarizados; luego se suma los puntajes por alternativa.

Teniendo en cuenta que en un modelo raster las alternativas vienen dadas por las celdas o pixel, el valor de salida viene a estar dada por la siguiente fórmula:

$$Vp_i = (w_1 \times F_1) + (w_2 \times F_2) + \dots + (w_n \times F_n)$$

En donde:  $Vp_i$  es el valor de pixel de salida,  $w$  es el peso asignado a cada factor, y  $F$  es el factor o grupo de factores; asu vez si  $F$  representa a un grupo de factores la formula general estaría representada por:

$$Vp_i = [w_1 \times [(w_{11} \times f_{11}) + (w_{12} \times f_{12}) + \dots + (w_{1n} \times f_{1n})]] + \dots \\ + \{w_n \times [(w_{n1} \times f_{n1}) + (w_{n2} \times f_{n2}) + \dots + (w_{nn} \times f_{nn})]\}$$

#### **2.4.4.3 Fase de Selección**

##### **A. Selección de Alternativas**

Una vez realizado el cálculo anterior, se ordenan las alternativas de la más “deseable” a la menos “deseable” y se realiza la selección final. Es aquí donde los SIG, cobran un especial relevancia, por que a través de la cartografía de los resultados se puede apreciar en que parte del territorio se encuentra las mejores alternativas, además que la ordenación de las alternativas se pude hacer de manera automática.

A la hora de seleccionar la mejor alternativa no solo se debe de tomar en cuenta los criterios temáticos, si no también, otros criterios de dimensión, compacidad, contigüidad, etc.

##### **B. Análisis de Sensibilidad**

En principio no deberíamos conformarnos con este resultado final. Puesto que el proceso se basa en unas asignaciones subjetivas. Deberíamos realizar modificaciones sobre los componentes de nuestro modelo para comprobar cómo es de estable nuestro proceso y en qué medida estas modificaciones alteran el resultado final, con lo que se pretende responder a preguntas como:

- ¿Cambiará la ordenación de las alternativas si cambiamos los pesos?
- ¿Cómo cambiaría la solución más optima si cambiamos los parámetros más importantes del modelo?

## **2.5 APLICACION SIG: PLANIFICACION TERRITORIAL**

Los sistemas de información geográfica vienen apoyando a los tomadores de decisiones en diferentes temas uno de estos es la planificación del territorio.

### **2.5.1 Aplicaciones de los SIG en el Estudio del Territorio**

Según Bosque (2000), Se puede clasificar en 3 grandes grupos las aplicaciones de los Sistemas de Información Geográfica con respecto a estudios territoriales:

**a. Descripción e Inventario del Territorio:** Donde se pretende obtener respuestas rápidas de ¿Dónde están situadas las cosas?, los cuales pueden servir para la actualización de la cartografía, control y gestión de datos catastrales para la gestión municipal.

**b. La Explicación y Predicción** de la posición de las cosas en el territorio, tratando de entender las dinámicas territoriales y dar respuestas a preguntas de tipo ¿Por qué esta cosa esta situado en este lugar?

**c. Ordenamiento Territorial;** donde se formulan esquemas de cómo debería organizarse el territorio, con la finalidad de alcanzar objetivos preestablecidos, tratando de a contestar preguntas generales del siguiente tipo: ¿Dónde deberían estar las cosas si se quiere alcanzar una optimización de algún tipo?; como por el ejemplo el uso del suelo, ya sea urbanos, agropecuarios, de protección, etc., generando alternativas las cuales son evaluadas frente a los objetivos establecidos.

### **2.5.2 Los SIG en las Etapas de Planificación del Territorio**

Los Sistemas de Información Geográfica pueden cumplir diferentes funciones en las etapas que se suelen dividir el proceso de planificación:

**a. Etapa de Identificación del Problema;** en esta etapa los SIG, son muy útiles por su capacidad de analizar los datos geográficos de los diferentes aspectos que definen el problema que trata de resolver la planificación territorial. (Sendra, 1996).

**b. Etapa de Generación de Alternativas;** se basa en combinación de los diferentes datos existentes sobre el problema y en el uso de técnicas y modelos que permiten generar diferentes soluciones al problema; los SIG están capacitados para esta actividad debido a su capacidad de sobreponer y combinar los diferentes datos temáticos.

**c. Etapa de Evaluación de las Alternativas;** frente a los objetivos, una vez generada las diferentes soluciones posibles al problema, es necesario contrastar cada uno de ellos con los objetivos establecidos, esta evaluación para que sea

adecuado a la complejidad de los problemas territoriales, requiere de técnicas muy elaboradas entre ellas destacan la evaluación multicriterio. (Barredo, 1996).

**d. *Etapas de Monitoreo y control;*** de la aplicación del Plan para el seguimiento y retroalimentación del mismo, los SIG son de gran ayuda dado su capacidad de comparar dos realidades, la que el plan había determinado y la que realmente se está produciendo.

### **2.5.3 Modelamiento Cartográfico**

El Modelamiento se refiere a la utilización de las funciones de análisis de un sistema de información geográfica bajo una secuencia lógica de tal manera que se puedan resolver problemas espaciales complejos. (IGAC. Conceptos Básicos de Sistemas de Información Geográfica y Aplicaciones en Latinoamérica, 1995). Los tipos de Modelos se pueden resumir en tres:

**a. *Descriptivo:*** Trata de representar la información directamente mostrando patrones y distribuciones de rasgos o elementos espaciales, Este modelo no conduce a recomendaciones. Su análisis es limitado a recuperar y mostrar la información espacial, básicamente es la elaboración de un mapa. Para el presente trabajo, se utiliza este modelo para analizar el proceso de ocupación del territorio bajo la presión del crecimiento urbano y para definir de áreas agrícolas, en el área de estudio.

**b. *Simulación:*** Tratan de crear escenarios ficticios o potencialmente reales simulando un fenómeno complejo de la naturaleza; requiere un alto grado de experiencia técnica y varía en el grado de estar relacionado a un SIG. Una vez generado un modelo de simulación éste puede ser utilizado para evaluar diferentes características de los datos; en el presente trabajo se utilizó este modelo en el Análisis Multicriterio para la determinación de áreas aptas para expansión urbana.

**c. *Predictivo:*** Es una técnica SIG de gran potencial, que trata de generar escenarios futuros de acuerdo a tendencias o modelamiento estadístico a partir de datos de ocurrencia histórica, es decir de datos reales; analiza como intervienen los factores en el tiempo, cómo están asociados, identifica cuáles factores son decisivos en el proceso de la solución de un problema. Una vez probado el modelo con datos conocidos, se aplican y se manejan estadísticamente nuevos datos con el propósito de predecir resultados.

## 2.5.4 Definición de los Factores y Limitantes de los Arboles de Criterio

### 2.5.4.1 Árbol de Criterio de Selección

Los elementos en el árbol de selección tienen diferentes comportamientos:

#### a. **Restricciones o Limitante**

Limitantes que se toman en cuenta al momento de realizar el análisis de aptitudes de las áreas.

- **Área Agrícola:** Zonas aptas para uso agrícola debido a características del suelo como textura, fertilidad pendiente, entre otro
- **Centros Urbanos:** Áreas consolidadas uso urbano.
- **Aguas Subterráneas:** Es el agua que se encuentra entre las partículas del suelo y las rocas y entre las grietas del lecho rocoso, el agua subterránea es muy vulnerable a la contaminación y su desaparición.
- **Parque Metropolitano:** Los parques recreativos que se encuentran en el Distrito Metropolitano, además de ofrecer espacios destinados a la práctica deportiva, ayudan a mejorar la calidad de vida de las familias en medio del sistema urbano.

#### b. **Factores Biofísicos**

Lo conforman los recursos naturales y el ambiente, los elementos que dan origen al origen al paisaje.

- **Pendiente:** Inclinación del terreno con respecto a la horizontal puede estar expresada en grados o porcentaje.
- **Ríos:** Escorrentía de aguas superficiales.
- **Zona de arenamiento:** Lugar donde se deposita partículas de arena debido a la erosión eólica.

#### c. **Factores de Localización**

Determina la importancia de un elemento respecto a otro debido a su ubicación espacial.

- **Vías:** Carreteras que comunican a un poblado con otro para el estudio se consideran la carretera principal (Vía Panamericana) y otros de segundo orden.

#### d. **Factores Socioeconómicos**

Estos factores están relacionados con los servicios básicos que usa la población, y las actividades a la que se dedican.

- **Laguna de oxidación:** Laguna artificial donde las aguas servidas (desagües), reciben un tratamiento.
- **Agua potable:** Agua tratada para el uso domestico y consumo humano.

- **Energía eléctrica:**

Subestación de energía: Estación desde donde la energía eléctrica es distribuida para el uso domestico.

Línea de Transmisión: Red por donde la energía eléctrica es distribuida, existen de dos tipos; la principal la cual lleva alta tensión y la secundaria, la que distribuye a los centros poblados.

#### **2.5.4.2 Definición de los Elementos del Árbol de Criterio Evaluación**

Los elementos en el árbol de evaluación se agrupan en:

##### **a. Factores Educativos**

Aquellos que nos permiten atender acerca de la importancia de las áreas agrícolas, productivos, y tradicionales del lugar.

- **Elementos culturales:** Aquellos elementos tradicionales de la población, arquitectura colonial o restos arqueológicos.
- **Productivos:** Lugares de producción como bodegas vinícolas, artesanía, etc.
- **Áreas Agrícolas:** Áreas donde se practica la agricultura tradicional, y pueden ayudar a la gente entender la importancia de estas áreas.

##### **b. Factores Recreacionales**

Lugares esparcimiento donde la población puede acudir, para disfrutar en su tiempo de ocio como los centros de esparcimientos, restaurantes campestres, playas, etc.

##### **c. Factores Sociales**

Los elementos que intervienen directamente en el bienestar de la población:

- **Población Beneficiada:** Es la población a la que se espera beneficiar, en el modelo se toma en cuenta el área de las alternativas, para relacionarlo con población servida.
- **Conectividad;** Es la conexión de un elemento con otro para el modelo, viene a estar dado por la cercanía de un centro poblado con otro.

## **CAPITULO III: MARCO METODOLOGICO**

Se aplicó un procesamiento y análisis integrado, esto se llevó a cabo siguiendo procedimientos de adquisición, procesamiento y análisis de los datos e información, realizando primero un análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Lima, posteriormente se determina las áreas aptas para expansión urbana en la zona sur de la ciudad para lo cual se realizó a través del análisis espacial multicriterio, teniendo en cuenta los factores biofísicos (pendiente, ríos, zonas de arenamiento), socioeconómicos (servicios de agua potable, de energía eléctrica, alcantarillado) y de localización (ubicación con respecto a otros centros poblados, y vías de comunicación).

Mediante el uso de la herramienta de SIG y de Análisis Espacial Multicriterio implementando una base de datos geográfica geo-referenciada, lo que permite su fácil actualización, reajuste y procesamiento (Ver Figura 05).

### **3.1. PRIMERA ETAPA: RECOLECCION Y REVISION DE LA INFORMACION**

La primera etapa corresponde a pasos preliminares a la manipulación de los datos:

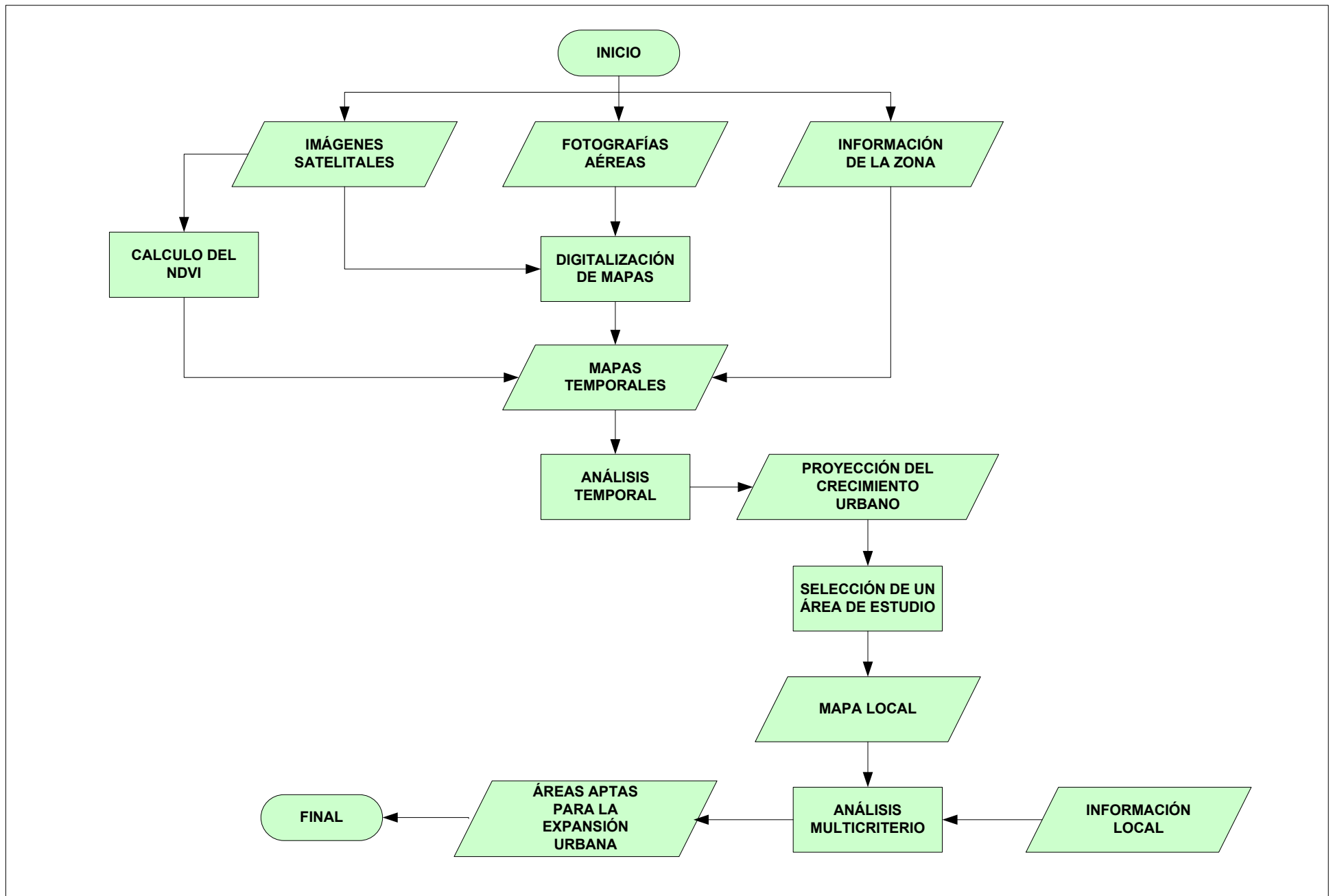
#### **3.1.1. Revisión de la Información existente**

Se recopiló material bibliográfico relacionado con la planificación territorial, expansión urbana histórica de la ciudad de Lima, como: crecimiento histórico de Lima 1940 – 1990 del Instituto Estadística e Informática (INEI, 1994), evolución espacial de Lima (Atlas de Lima 2005), información demográfica de los últimos años del área de estudio derivados de los censos nacionales realizados por el INEI (1972, 1981, 1993 y 2007), se revisó documentos relacionados con el Análisis Espacial Multicriterio, definición conceptual y definición de los criterios.

#### **3.1.2. Revisión de la Cartografía Temática existentes**

En base a la información recolectada de las diferentes instituciones (ver cuadro 03) se procedió a su revisión de esta y de su base de datos, para estandarizar formatos, sistemas de coordenadas, con la ayuda de los programa Arc Gis 9.3 e ILWIS 3.4. A tiempo de verificar la calidad de los datos e información que se incorporaron como insumos para el modelamiento espacial

Figura 05: Flujograma General del Estudio





Cuadro 03: Información Base

No.	Mapa	Institución	Año	Escala
01	Cartas Nacional 25j,	Instituto Geográfico Nacional	1990	1: 100 000
02	Susceptibilidad a Arenamiento	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico	2005	1: 300 000
03	Catastro Urbano	Instituto Catastral de Lima	2005	1: 25 000
04	Catastro Rural	Proyecto de especial de titulación de tierras	2005	1 : 25 000
05	Aguas Subterráneas	SEDAPAL	2005	1: 100 000
07	Mosaico fotografías	Servicio Aerofotográfico Nacional	1944 y 1990	1: 25 000
08	Imagen Satelital Landsat	Instituto Geográfico Nacional	2000	
09	Imagen Satelital Aster	ITC – Países Bajos	2007	

### 3.2. SEGUNDA ETAPA: MODELAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

#### 3.2.1. Análisis Multitemporal

A través de mosaicos de fotografías aéreas de los años 1944 y 1990, imagen satelital Landsat de 2000, Aster de marzo 2007, como también información de algunas municipalidades del año 2008. Se procedió a la delimitación de las áreas urbanas así como también las áreas de uso agrícola de dichos años. Cabe mencionar que para los años 1944 y 1990 el área de las fotografías aéreas no abarca toda la provincia de Lima, pero si todo el área de uso urbano de esos años. También se tomo en cuenta el catastro rural 2005, del Proyecto Especial de Titulación de Tierras (PETT) del Ministerio de Agricultura del Perú, hoy COFOPRI, y también del catastro urbano – 2005, del Instituto Catastral de Lima (ICL). Obteniendo así mapas de expansión urbana para ese año (2005), Así mismo con la ayuda de la imagen satelital Aster 2007, se procedió a delimitar áreas urbanas, así como también áreas con presencia de actividad agrícola en la zona de estudio.

También aprovechando las imágenes satelitales de los años 2005 y 2007, se procedió al cálculo del Índice Normalizado de Vegetación (NDVI), con el que se calculó el área con vegetación de ambos años; con la ayuda del programa Ilwis 3.4.

Mediante la función Cross del programa Ilwis 3.4, se procedió a realizar la confrontación de los mapas raster de los años 1944, 1990, 2005 y 2008 que permitió cuantificar y visualizar el cambio de uso en la tierra de los años mencionados.

### 3.2.1.1. Proyección del Crecimiento Urbano 2008 – 2020

Con el resultado del análisis multitemporal se proyectó el crecimiento urbano hasta el año 2020, utilizando para ello el modelo de proyección Geométrica, que es la proyección recomendada por el Instituto Nacional de Estadística (INEI), para el cálculo de la tasa de crecimiento anual y obtener como resultado el área urbana que se espera al año 2020. De acuerdo a las siguientes formulas:

$$r = \left( \sqrt[f-b]{\frac{Af}{Ab}} - 1 \right) \times 100$$

$$Af = Ab \times \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^{(f-b)}$$

Donde:

*r*: Tasa de crecimiento anual en %.

*Af*: Área en un tiempo final en Ha.

*Ab*: Área en un tiempo inicial en Ha.

*f-b*: Diferencia de tiempo en años.

### 3.2.1.2. Proyección del Crecimiento Poblacional 2007 – 2020

Así también se analizó el crecimiento demográfico de la ciudad apoyados en los datos de los censos realizados por el Instituto Nacional de Estadística e Informática del Perú (INEI), y se proyectó hasta el año 2020. Donde se utilizó el modelo geométrico al igual que en el crecimiento urbano:

$$r = \left( \sqrt[f-b]{\frac{Pf}{Pb}} - 1 \right) \times 100$$

$$Pf = Pb \times \left(1 + \frac{r}{100}\right)^{(f-b)}$$

Donde:

*r*: Tasa de crecimiento anual en %.

*Pf*: Población en un tiempo final.

*Pb*: Población en un tiempo inicial.

*f-b*: Diferencia de tiempo en años.

### 3.2.2. Análisis Multicriterio

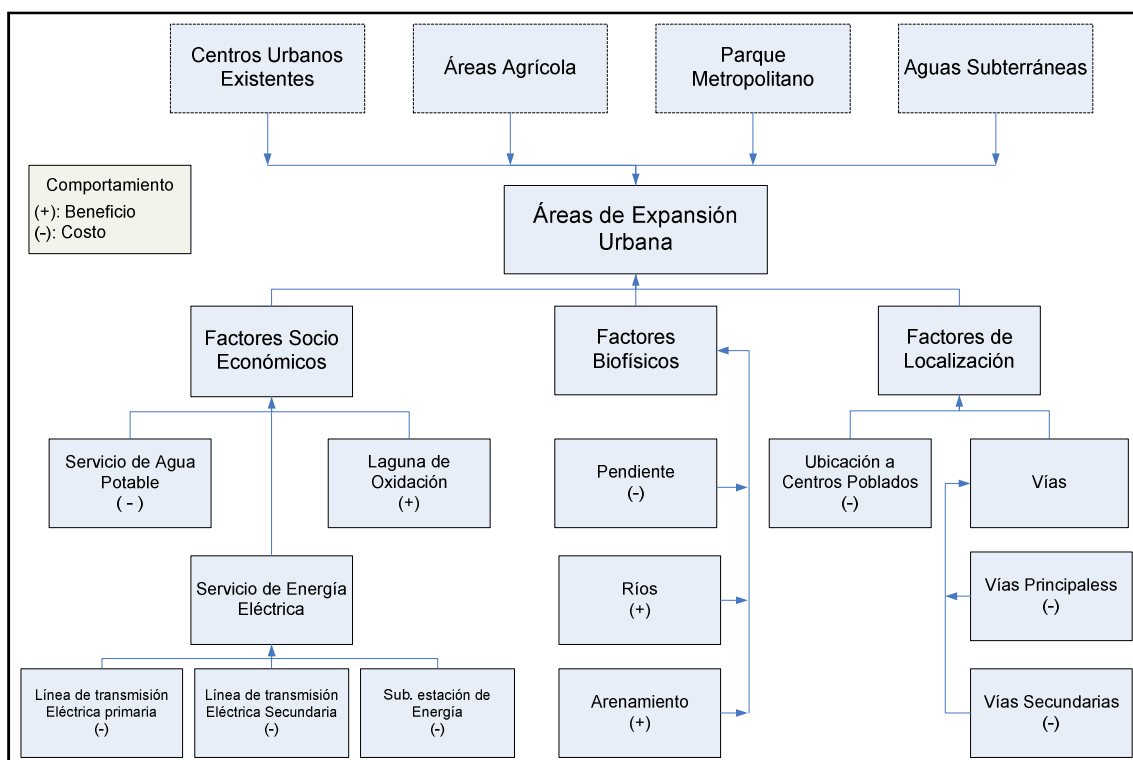
#### 3.2.2.1. Selección del Área a Analizar

Se elige la cuenca baja del Río Lurín, para realizar el análisis espacial multicriterio, por poseer áreas agrícolas que deben ser conservadas, frente a la presión urbana además por su cercanía al centro de la ciudad (30 km.).

#### 3.2.2.2. Diseño del Modelo para Selección de Alternativas

Se diseñó de manera conceptual un Árbol de criterios (de diseño) en el cual se grafica y especifica los elementos / criterios de diseño distinguiendo restricciones, factores biofísicos, factores socioeconómicos y de localización, como también su comportamiento ya sea en términos de costo (-) y/o beneficio (+) (Ver figura 06).

Figura 06: Árbol de Criterio de Diseño de Alternativas



### 3.2.2.3. Factores y Criterios de Estandarización

La estandarización se llevó a cabo siguiendo los siguientes criterios:

#### a. Factores Limitantes

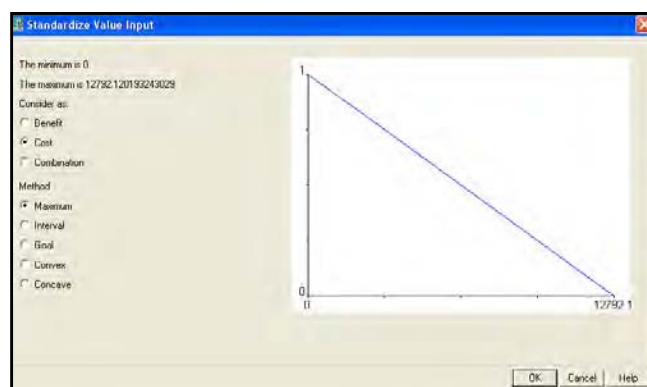
Para establecer áreas de expansión urbana en la cuenca baja del río Lurín se han considerado las siguientes limitantes:

- Las nuevas áreas de expansión deben encontrarse fuera de la mancha urbana, ya que esta área ya están ocupadas.
- Así también de áreas de uso agrícola, por poseer valor recreativo ambiental y económico, de aguas subterráneas de profundidades menores a 10 metros por ser zonas de recarga acuífera y evitar problema de infiltración que afecten a las construcciones; y fuera del parque metropolitano Paul Poblet.

#### b. Factores Socio Económicos

- **Abastecimiento de Agua Potable:** mientras las áreas de expansión se encuentran más cercanas a zonas que cuentan con abastecimiento de agua potable, será mejor, ya que el costo de construcción de nuevas redes de agua será menor y conforme se aleja de las zonas con abastecimiento de agua, los costos serán mayores, por esta razón se utiliza el método de estandarización Máximo y se comporta como un costo (Ver Figura 07).

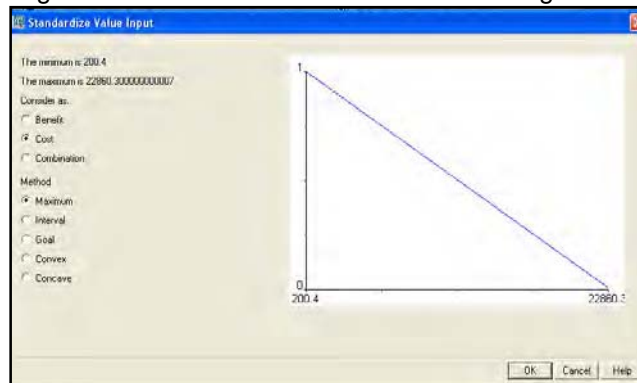
Figura 07: Distancia a Abastecimiento de Agua Potable.



- **Abastecimiento de Energía Eléctrica:** En este caso se han utilizado datos de líneas de transmisión primaria, secundaria y de sub estación de energía; teniendo como criterio que la cercanía a estas variables será mejor para abastecer de energía a las nuevas áreas urbanas, pero tiene que tener un distanciamiento mínimo, para lo cual se ha procesado previamente el mapa de distancia a estos elementos. Para las tres variables se utilizo el método máximo ya que conforme se aleja los costos de instalación serán mayores.

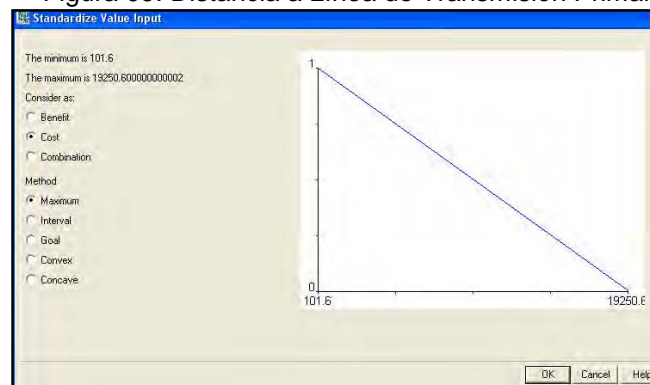
**Subestación de energía:** deben encontrarse a más de 200 metros para evitar riesgos a accidentes (Ver Figura. 08).

Figura 08: Distancia a Sub Estación de Energía Eléctrica.



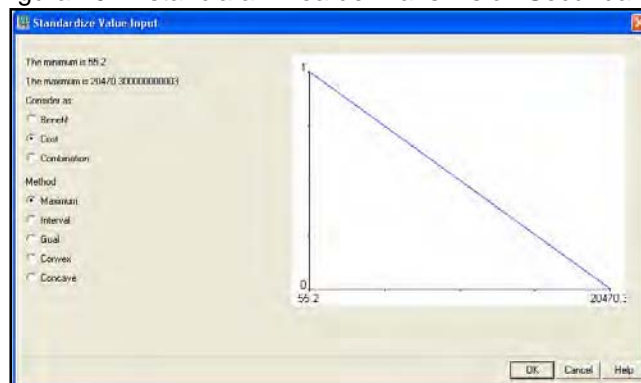
**Línea de Transmisión Primaria:** deben encontrarse a más de 100 m a ambos lados (Ver Figura 09).

Figura 09: Distancia a Línea de Transmisión Primaria.



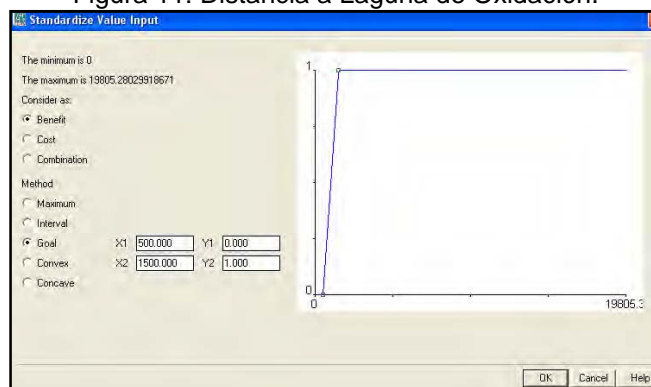
**Línea de Transmisión Secundaria:** deben encontrarse a mas de 50 m a ambos lados (Ver Figura 10).

Figura 10: Distancia a Línea de Transmisión Secundaria.



- **Laguna de Oxidación:** Según normativas urbanas no deben encontrarse las áreas urbanas a una distancia menor a 500 metros, siendo las mejores aquellas que se encuentran a mas de 1.5 km.( Ver Figura 11).

Figura 11: Distancia a Laguna de Oxidación.



### c. Factores Biofísicos

- **Pendiente:** Para la estandarización de los valores de pendiente se utilizo el método directo, dando mayores valores de aptitud aquellas pendientes que están por de debajo de 30 % tomando en cuenta las normas de construcción urbana del Ministerio de Vivienda como se puede apreciar en el Cuadro 04.

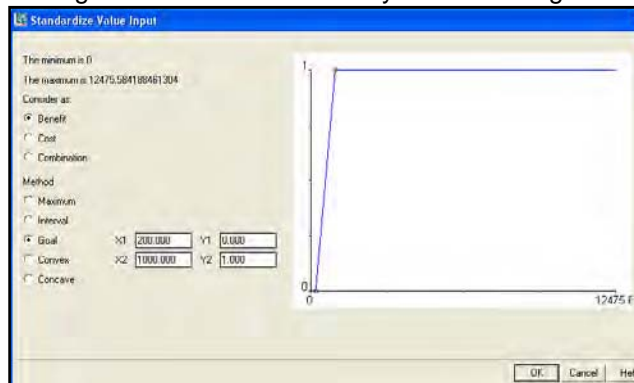
Cuadro 04: Estandarización de los Valores de Pendiente

Pendiente %	Estandarización
<10%	1.0
11-20%	0.8
21-30%	0.6
31-40%	0.2
41-50%	0.1
51-60%	0.0
61-70%	0.0
>70%	0.0

- **Ríos:** La distancia a los ríos y cursos de agua se estandarizo con el método meta, tomando en cuenta que distancia menores a 200 metros a ambos lados se igualan a 0, tomando en cuenta el cauce, faja marginal (Servidumbre ambiental) y área de inundación; y valores superiores a 1Km. toman valores

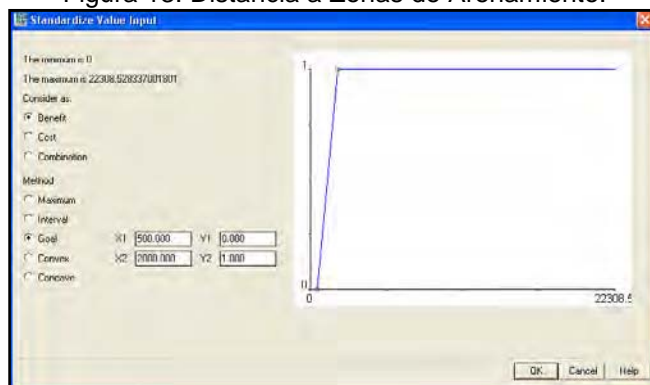
de 1. Por encontrarse a una distancia adecuada sin poner en riesgo al área de expansión ni la contaminación de los cursos de agua. (Ver Figura 12).

Figura 12: Distancia a Ríos y Cursos de Agua.



- **Arenamiento:** La distancia a las zonas de arenamiento natural se estandarizo con tipo meta, donde distancia menores a 500 metros no son aptas y mejorando hasta distancia mayores de 2 km, para prevenir futuros arenamientos al área de expansión. (Ver Figura 13).

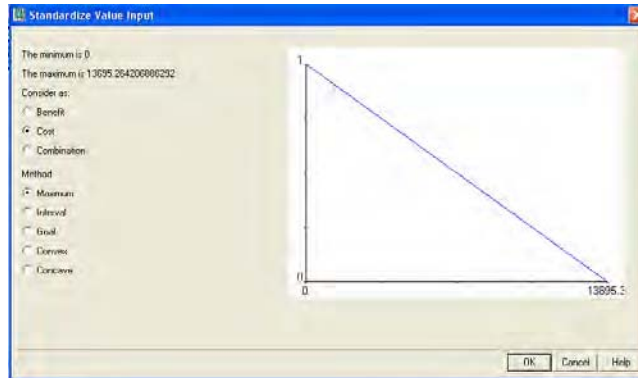
Figura 13: Distancia a Zonas de Arenamiento.



#### d. Factores de Localización

- **Centros Urbanos:** Si bien es cierto que las áreas de expansión urbana debe estar fuera de la mancha urbana, también debe de estar cerca a los centros urbanos para que ser proveídos de servicios tales como centros educativos, puestos de salud, mercados, etc. por tal motivo se utilizó el método máximo. (Ver Figura 14)

Figura 14: Distancia a Centros Urbanos



- Vías Primarias y Secundarias:** deben encontrarse cercano a vías de comunicaciones tanto principales como secundarias para una mejor movilización a centros de trabajos, recreacionales y centros comerciales, se utilizo el método máximo por el efecto de comunicación con otras áreas urbanas. De acuerdo a la Ordenanza 341 de Municipalidad de Lima del 2001, donde establecen un derecho de vía de 120 metros para la panamericana sur (vía principal) y 30 metros para las vías secundarias, (Ver Figura 15 y 16).

Figura 15: Distancia a Vías Principales

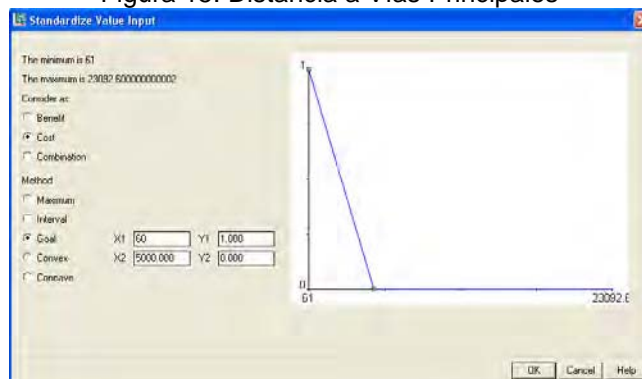
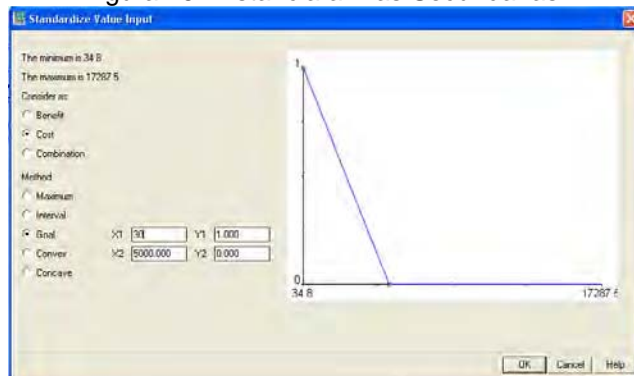


Figura 16: Distancia a Vías Secundarias.





#### **3.2.2.4. Diseño del Arbol de Criterio para Diseño de Alternativas**

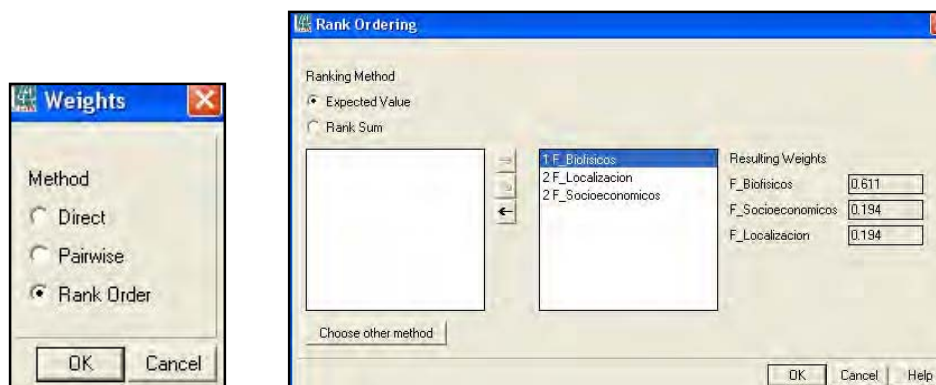
Con la ayuda del programa ILWIS 3.4, usando el módulo Evaluación Espacial Multicriterio (SMCE), se realizó el diseño del árbol de criterios (de diseño). Posteriormente se estandarizo los factores de acuerdo a las especificaciones requeridas para cada criterio, para posibilitar la combinación de datos. Se asignaron pesos según importancia y comportamiento, para lo cual se utilizo el método Rank Order (Ver Figura 17); donde el valor del peso normalizado es calculado según el orden de importancia de los factores que intervienen en el análisis, tal como se puede ver en el Cuadro 05 con el fin de encontrar las áreas más aptas para la expansión urbana.

Donde se considera que los factores Biofísicos son de más importancia, que los factores socioeconómicos y de localización, ya que estos dos con asignación de recursos financieros se pueden mejorar; los factores biofísicos son más difíciles de modificar y por lo tanto son estos factores determinantes al momento de realizar el análisis.

Cuadro 05: Establecimientos de Pesos de los Factores de Selección.

GRUPO	FACTORES	DESCRIPCION		PESO
<b>Factores Biofísicos (0.61)</b>	<b>Pendiente</b>	Deben encontrarse en áreas de poca pendiente, siendo las más aptas aquellas que se encuentran por debajo de 30%.		0.61
	<b>Ríos</b>	Deben encontrarse fuera de franja marginal de los ríos y de posibles áreas de riesgo de inundación.		0.19
	<b>Zona de Arenamiento</b>	De encontrarse alejados de las áreas de arenamientos naturales.		0.19
<b>Factores Socio económicos (0.19)</b>	<b>Agua Potable</b>	El asentamiento urbano debe ubicarse cerca de zonas que cuentan con agua potable.		0.44
	<b>Energía Eléctrica</b>	<b>Sub estación de energía (0.61)</b>	Estación que abastece a las áreas urbanas y rurales de la zona.	0.44
		<b>Transmisión Primaria (0.19)</b>	Línea de transmisión que lleva la energía a otras subestaciones.	
		<b>Transmisión Secundaria (0.19)</b>	Línea que lleva energía los centros urbanos y rurales de la zona.	
	<b>Laguna de Oxidación</b>	No deben encontrarse cercanas a lagunas de tratamientos de aguas servidas.		0.11
<b>Factores de Localización (0.19)</b>	<b>Centros Urbanos</b>	Deben encontrarse cercanos a áreas urbanas preexistentes por su la necesidad de servicios como educación, salud, mercados, etc.		0.50
	<b>Vías de Comunicación</b>	<b>Vías principales (0.75)</b>	Esta vía es la comunica con el centro de la ciudad y toda la costa peruana.	0.50
		<b>Vías de Secundarias (0.25)</b>	Comunica con otras áreas urbanas.	

Figura 17: Método Rank Order para la Asignación de Pesos



### 3.2.2.5. Diseño de Alternativas

Luego de analizar los resultados y contrastando con un modelo digital de terreno al que se le aplicó un filtro (colshadow), se procedió a identificar tres alternativas, posibles áreas de expansión urbana de la zona sur de Lima, según resultados de la fase anterior, a fin de evaluarlas en la tercera etapa, reclasificando según el Cuadro 06.

Cuadro 06  
Reclasificación de la Aptitud

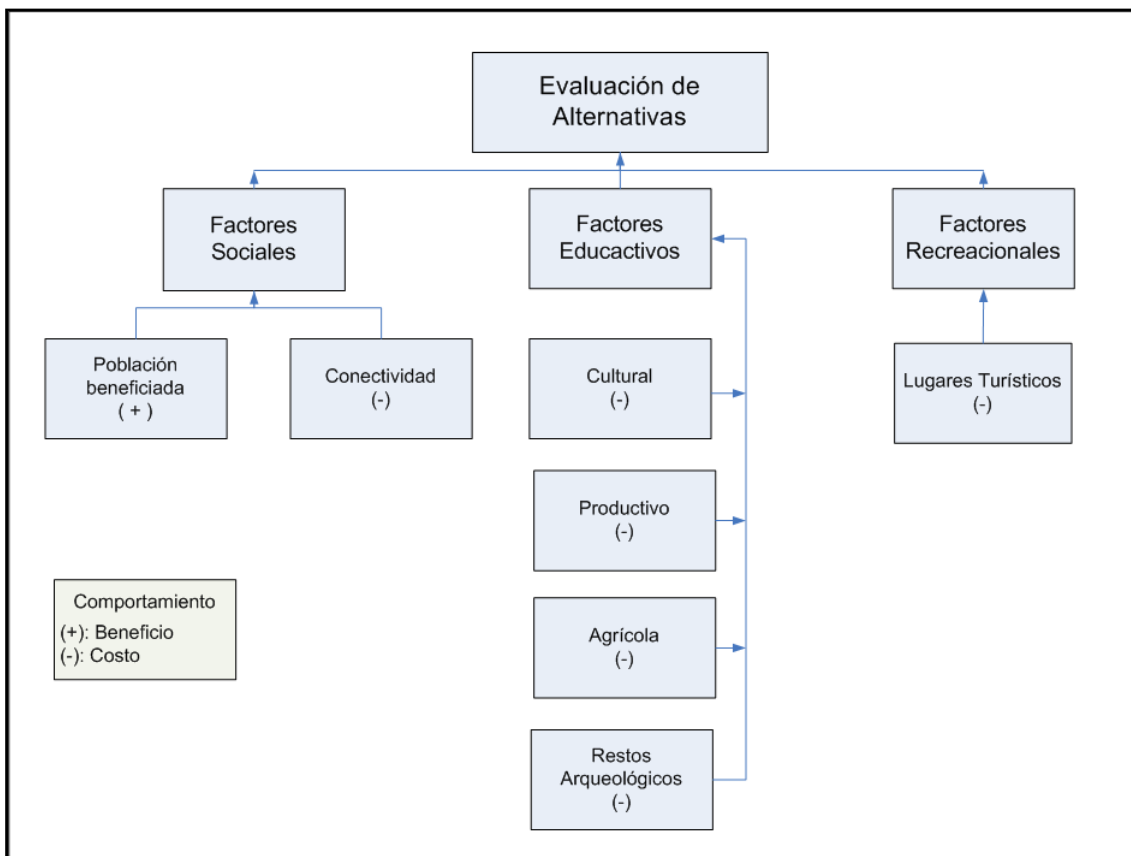
APTITUD	RECLASIFICACION
0.00 – 0.50	No Apto
0.51 – 0.70	Moderadamente Apto
0.71 – 1.00	Apto

## 3.3. TERCERA ETAPA: EVALUACION DE ALTERNATIVAS

### 3.3.1. Diseño del Modelo para Evaluación de Alternativas

Para evaluar las alternativas se procedió al diseño de un árbol de criterios (de evaluación) tanto de forma conceptual (Ver Figura 18) como su implementación en ILWIS a fin de seleccionar la “mejor” alternativas entre ellas.

Figura 18: Árbol de Criterio para Evaluación de Alternativas

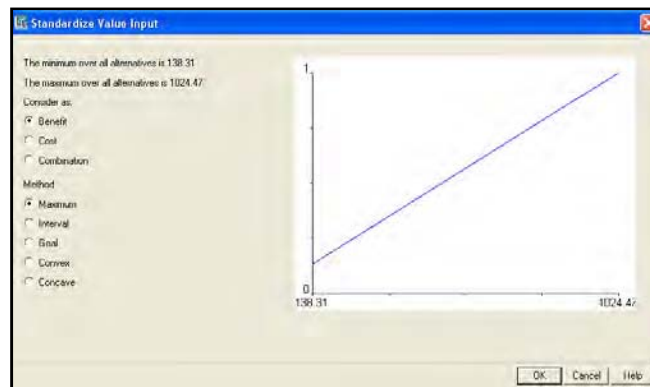


### 3.3.2. Factores y Criterios de Estandarización

La estandarización se llevó a cabo siguiendo los siguientes criterios:

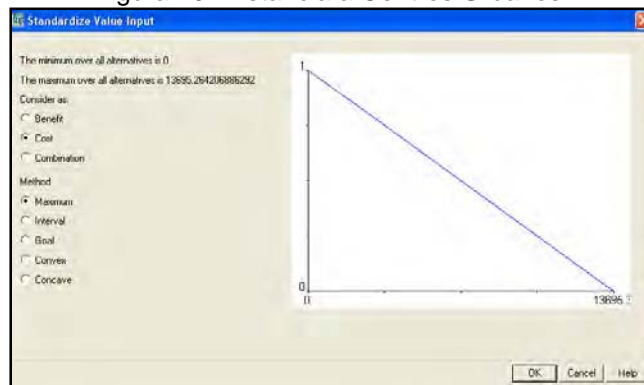
- a. **Factores Limitantes:** Las alternativas encontradas en la segunda etapa cumplirán la función de factor limitante, es decir que se analiza solo las áreas correspondientes a estas alternativas, desechando las que se encuentran fuera de ellas.
- b. **Factores Sociales:**
  - **Población Beneficiada:** Viene expresada por el área de la alternativa; para lo que se utilizó el método de estandarización máximo (Ver Figura 19) ha mayor área habrá mayor población beneficiada, siendo esta uno de los factores más importante.

Figura 19: Población Beneficiada, determinada por el Área de la Alternativa.



- **Conectividad:**Cuál de las alternativas tiene mayor conexión con otros centros poblados, para conformación de las diferentes redes (sociales, comerciales, etc.) por lo tanto se aplico una estandarización de tipo máximo (Ver Figura 20).

Figura 20: Distancia a Centros Urbanos.

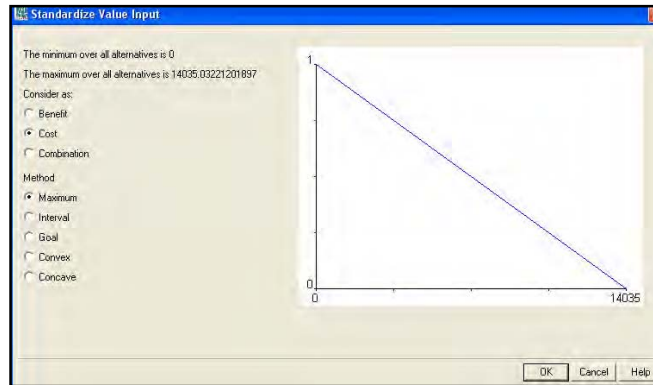


### c. Factores Educativos

Las alternativas deberán cumplir un rol de educación ambiental, pero a la vez sin perturbar las áreas sensibles como el agrícola. Para estos factores se utilizo la estandarización máxima.

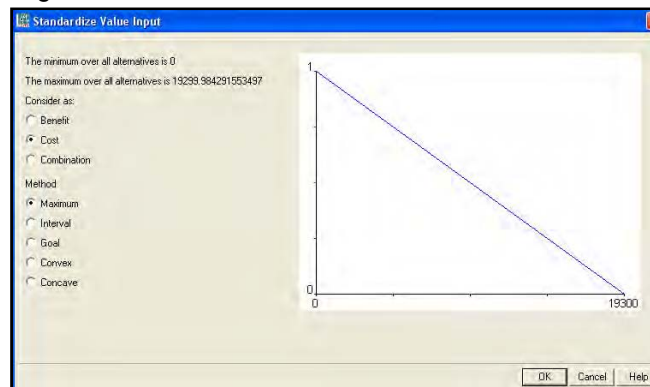
- **Cultural:** Deben encontrarse cerca a elementos de valor cultural (Ver Figura 21) como institutos agropecuarios, biohuertos, talleres de cerámica, restos arqueológicos, etc.

Figura 21: Distancia a Elementos de Valor Cultural.



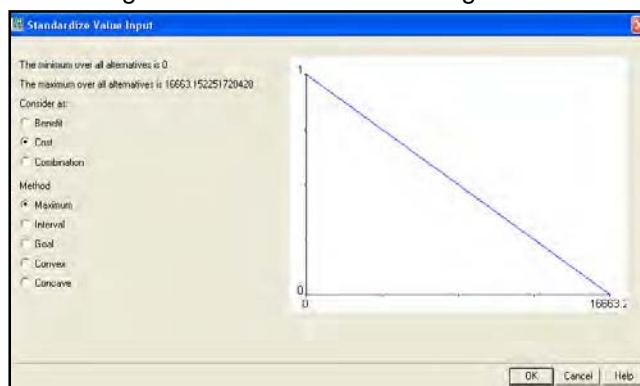
- **Productivo:** Deben encontrarse cerca a centros de producción (Ver Figura 22) como bodegas de vinícolas, lugares de producción artesanal, etc.

Figura 22: Distancia a Elementos de Valor Productivo.



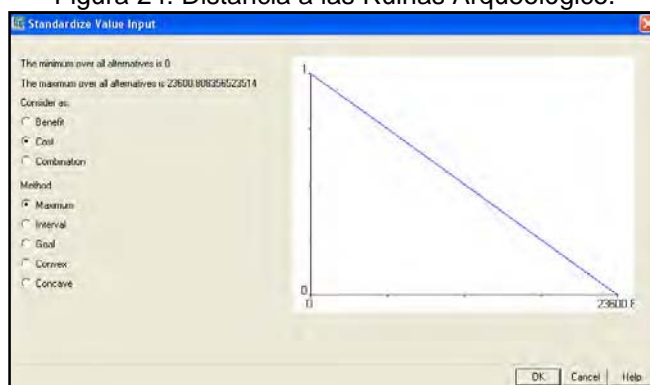
- **Agrícola:** Deben encontrarse cerca a áreas agrícolas para que la población comprenda el servicio ambiental que cumple la cuenca baja (Ver Figura 23).

Figura 23: Distancia a Áreas Agrícolas.



- **Restos Arqueológicos:** Deben encontrarse cercanos al centro arqueológico “Ruinas Pachacamac”, por su gran valor histórico (Ver Figura 24)

Figura 24: Distancia a las Ruinas Arqueológico.

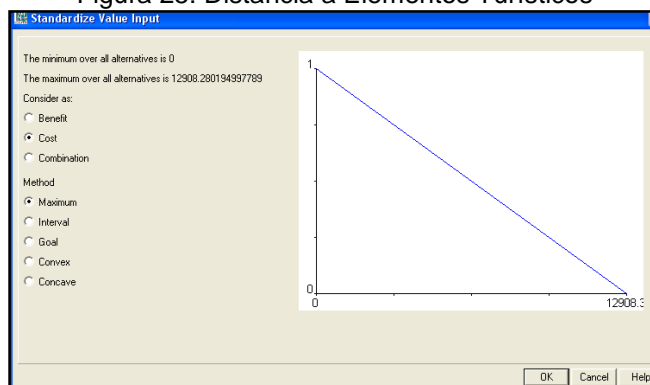


#### d. Factores Recreacionales

Para estos factores se utilizo la estandarización máxima, debido a la importancia de que la alternativa se encuentre a centros de esparcimientos.

- **Lugares de Interés Turístico:** deben encontrarse cerca a lugares de esparcimiento como restaurantes campestres, playas, etc. (Ver Figura 25)

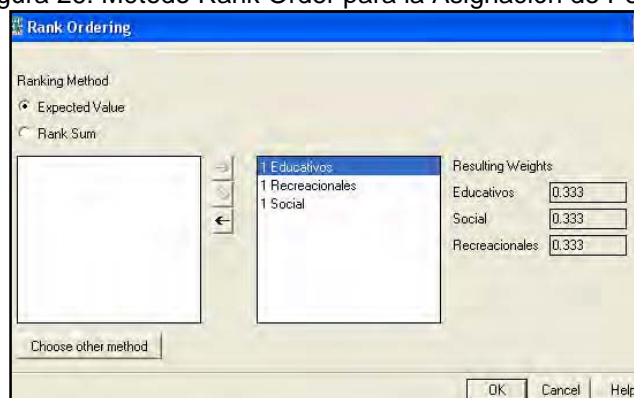
Figura 25: Distancia a Elementos Turísticos



#### 3.3.3. Diseño del Árbol de Criterio para Evaluación de Alternativas

Con la ayuda del programa ILWIS 3.4, usando el módulo Evaluación Espacial Multicriterio (SMCE), se realizó el diseño del árbol de criterios (de evaluación). Posteriormente se estandarizo los factores para posibilitar la combinación de datos se asignarán pesos según importancia y comportamiento, donde se utiliza el método Rank Order; (Ver Figura 26) pero todos los grupo de factores tienen la misma importancia, por lo tanto se encuentran al mismo nivel al momento de realizar el análisis de acuerdo a la Cuadro 07.

Figura 26: Método Rank Order para la Asignación de Pesos



Cuadro 07: Establecimientos de Pesos de los Factores de Evaluación.

GRUPO	FACTORES	DESCRIPCION	PESO
<b>Factores educacionales (0.33)</b>	<b>Cultural</b>	Debe encontrarse cerca a elementos de valor cultural.	0.40
	<b>Productivos</b>	Deben encontrarse cerca a centros de producción.	0.10
	<b>Agrícola</b>	Deben encontrarse cerca a áreas agrícolas, pero sin poner en riesgo las mismas	0.10
	<b>Restos Arqueológicos</b>	Deben encontrarse cercanas a Ruinas Pachacamac, por su alto valor histórico.	0.40
<b>Factores Sociales (0.33)</b>	<b>Población Beneficiada</b>	Debe beneficiar a la mayor cantidad de población.	0.75
	<b>Conectividad</b>	Debe tener conexión con otros urbanos para un mejor flujo de bienes y servicios	0.25
<b>Factores Recreacionales (0.33)</b>	<b>Lugares turísticos</b>	Debe encontrarse cerca a centros de esparcimientos y lugares de interés turísticos.	1.0



### 3.3.4. Construcción de la Tabla de Agregación Espacial de las Alternativas

Para evaluar las alternativas se construyó la tabla de agregación espacial, para un mejor sustento de la alternativa seleccionada (Cuadro 08).

Cuadro 08: Tabla de Agregación Espacial

Alternativa	Área Ha.	WSum	npixel	WSum/npixel	Promedio	Max	Min

Donde:

WSum: Es la suma de todos los valores de los pixeles, donde se ignoran los indefinidos

npixel: Es el numero de pixel; que también nos da el área, de acuerdo al tamaño de pixel.

WSum/npixel: Es el promedio ponderado del valor de pixel.

Promedio: Es el promedio aritmético del valor del pixel.

Max: Valor máximo del pixel.

Min: Valor mínimo del pixel.

### 3.3.5. Interpretación de los Resultados y Conclusiones

Se interpretarán los resultados con la definición de tierras aptas para el crecimiento urbano y se preparará la presentación de los mapas finales así como también el documento final.

## CAPITULO IV: MODELAMIENTO CARTOGRAFICO Y ANALISIS ESPACIAL MULTICRITERIO

Siguiendo la metodología descrita anteriormente se llegó a los siguientes resultados, descritos en orden y por objetivos, hasta llegar a representar los modelos propuestos.

### 4.1. MODELAMIENTO CARTOGRAFICO

#### 4.1.1. Análisis del Proceso de Ocupación en los Años 1944, 1990, 2005 y 2008

Como muestra el Cuadro 09, Lima pasó de ser un área netamente agrícola en la década de los 40, a una urbanizada al año 2008, también nos muestra el cambio de uso agrícola a uso urbano (Ver Mapas 02 – 06). En el Mapa 07, se puede apreciar el área agrícola en el año 2008, algunas de estas áreas se encuentran en gran presión por el crecimiento urbano.

Cabe mencionar que las áreas agrícolas que se muestran el Cuadro 09, de los años 1944 y 1990 corresponden a las áreas cubiertas por las fotografías aéreas de esos años y no a toda la ciudad de Lima Metropolitana.

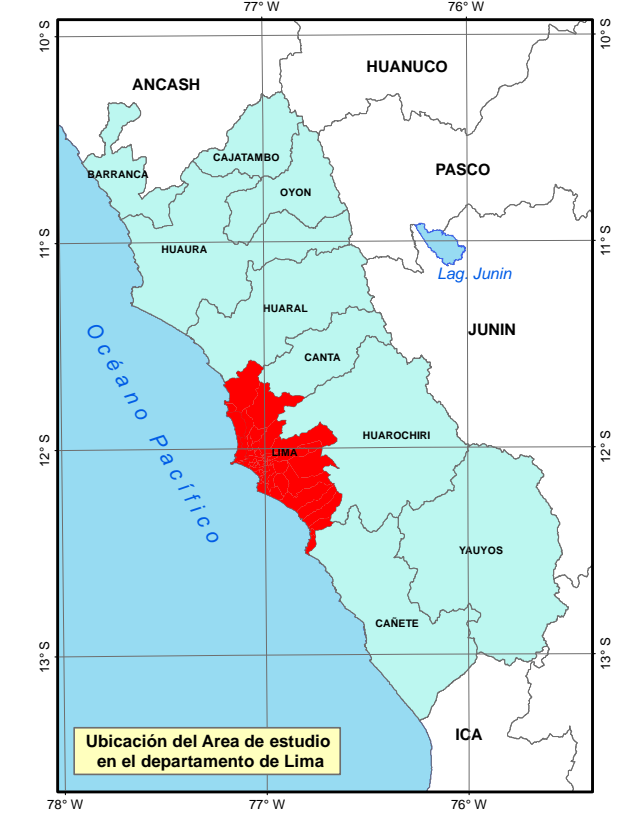
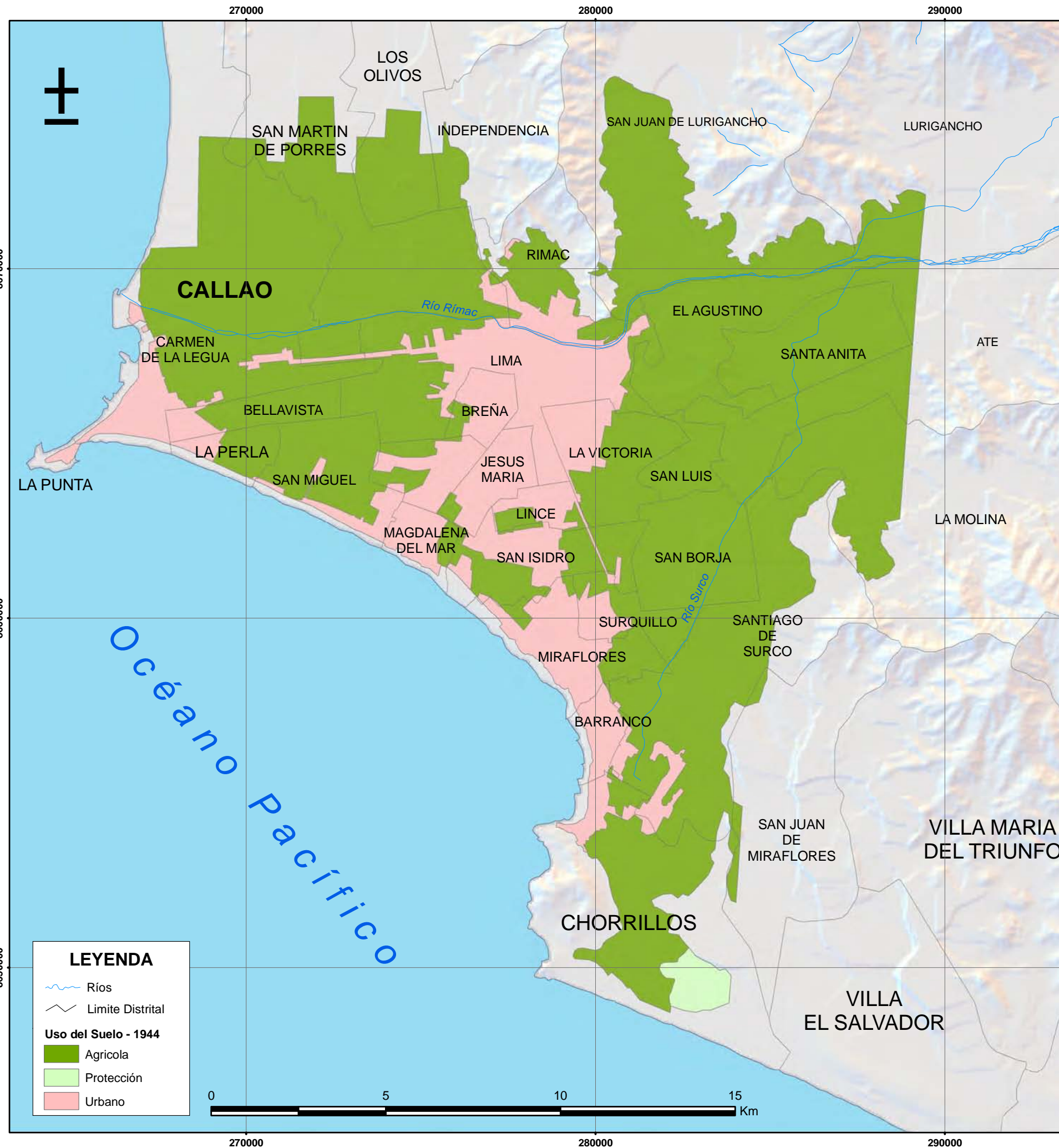
Cuadro 09: Comportamiento del Área Urbana de Lima entre los años 1944 – 2008

	1944	1990	2005	2008
Área Urbana (Ha)	5,630.04	46,321.24	61,886.04	71,225.44
Área Agrícola (Ha)	219,634.00	14,639.63	15,808.06	14,122.43
Agrícola – Urbano (Ha)		20,249.08	448.82	1,685.63

Como puede apreciarse en el Cuadro 09, el uso urbano de la ciudad Lima Metropolitana ha ido en aumento, esto debido a las diferentes etapas de migración que se ha producido en el país; en la década de los 40, a raíz de una pseudo industrialización en la cual los provincianos llegan a Lima atraídos por la aparición de fábricas como pequeñas fundiciones, además de cómo trabajadores agrícolas.

#### a. Cálculo de la Tasa de Crecimiento Urbano entre los años 2005 – 2008

$$r = \left( \sqrt{(f-b)} \frac{Af}{Ab} - 1 \right) \times 100$$



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA,  
 METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Uso del Suelo - 1944**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº:

Fuente: IGN - SAN      Escala: 1: 120,000      **02**

Fecha: Junio - 2008

$$r = \left( \sqrt[2008-2005]{\frac{71225.44}{61886.04}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento anual en % entre el periodo 2005-2008

Af: Área en Ha en el 2008

Ab: Área en Ha en el 2005

f-b: 2008-2005

Af	71,225.44
Ab	61,886.04
f-b	3
r	4.80%

### b. Proyección del Crecimiento Urbano 2008 – 2020

Los resultados de la proyección del crecimiento urbano para el periodo 2008 – 2020, aplicando la fórmula para proyección geométrica se ve en la Figura 27 y el Cuadro 10.

$$Af = Ab \times \left( 1 + \frac{r}{100} \right)^{(f-b)}$$

Donde:

Af : Área final

Ab : 71,225.44

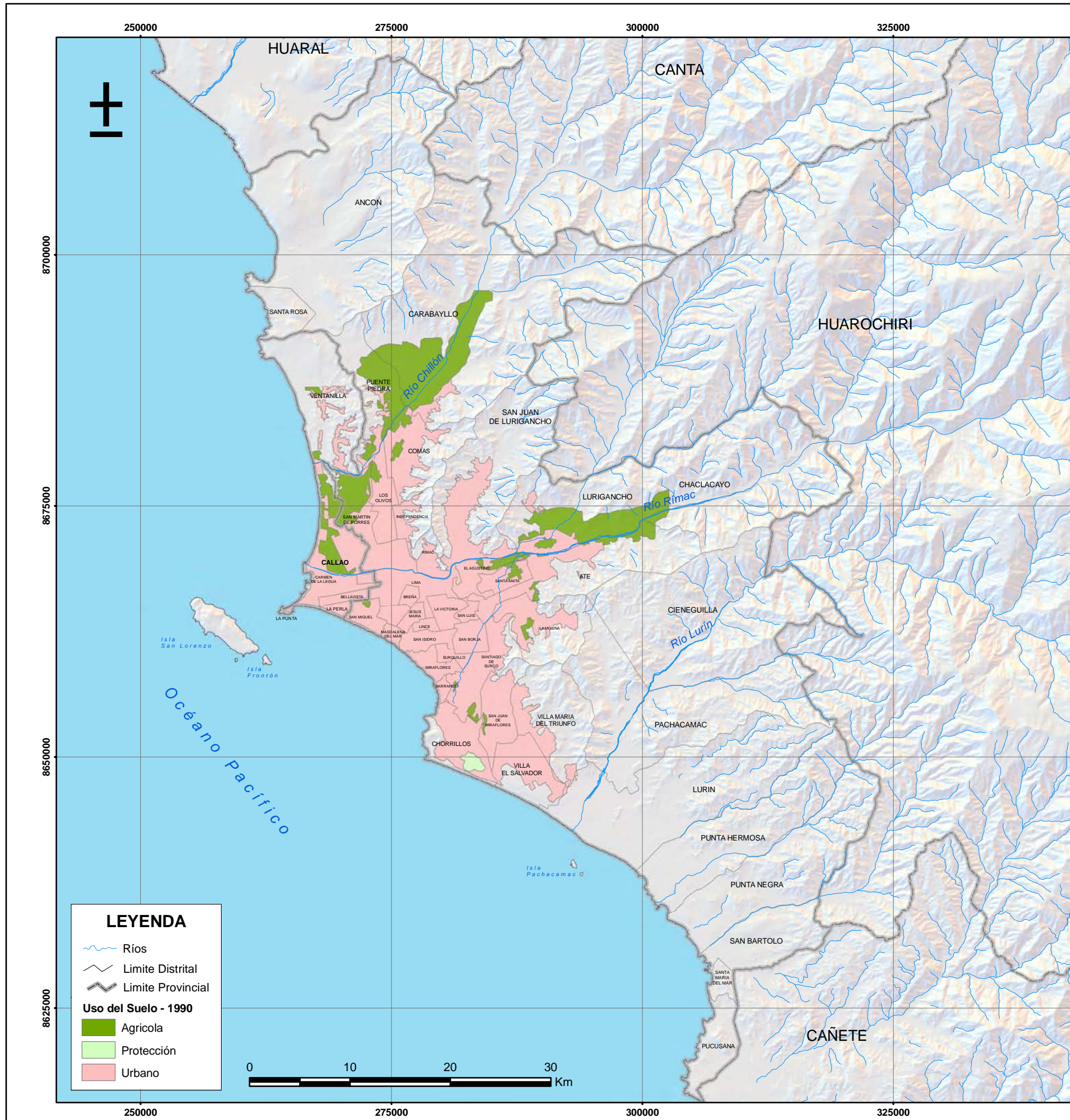
r : 4.80 %

b : 2008

$$Af = 71225.44 \times (1 + 4.80/100)^{(f-2008)}$$

Cuadro 10: Proyección del Crecimiento Urbano de Lima al 2020

Año	2008	2010	2012	2014	2016	2018	2020
Área Urbana (Ha)	71,225.44	78,222.21	85,906.31	943,445.25	103,613.18	113,791.54	124,969.76

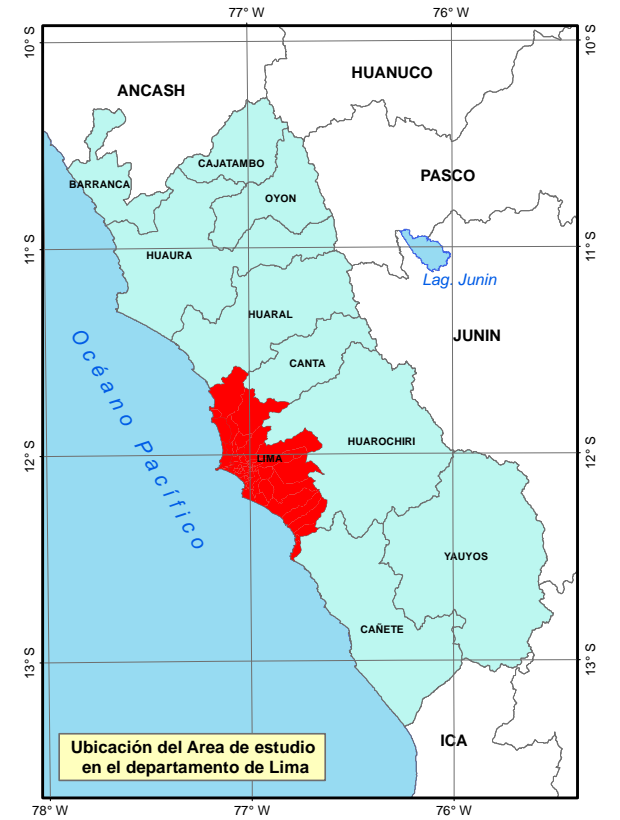


**LEYENDA**

- Ríos
- Limite Distrital
- Limite Provincial

**Uso del Suelo - 1990**

- Agrícola
- Protección
- Urbano



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

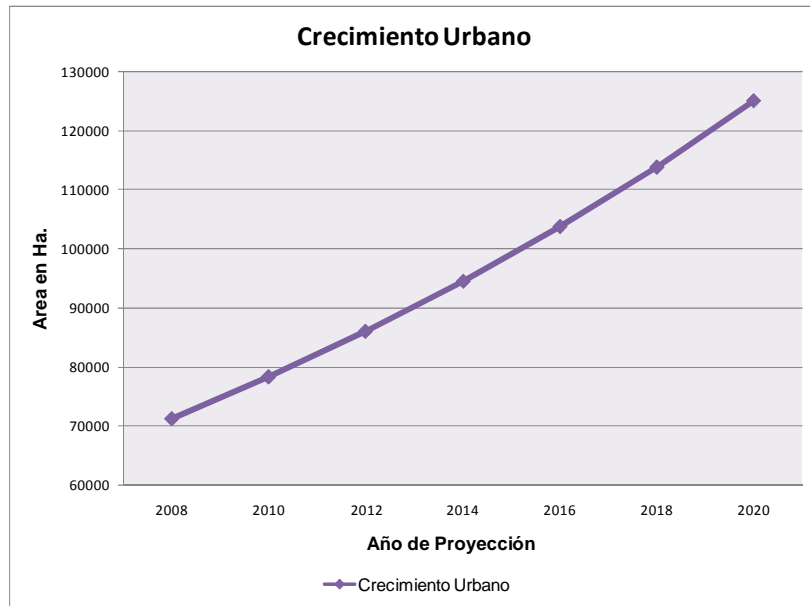
Tema: **Uso del Suelo - 1990**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº:

Fuente: IGN - SAN      Escala: 1: 400,000      **03**

Fecha: Junio - 2008

Figura 27: Proyección del Crecimiento del Área Urbana.



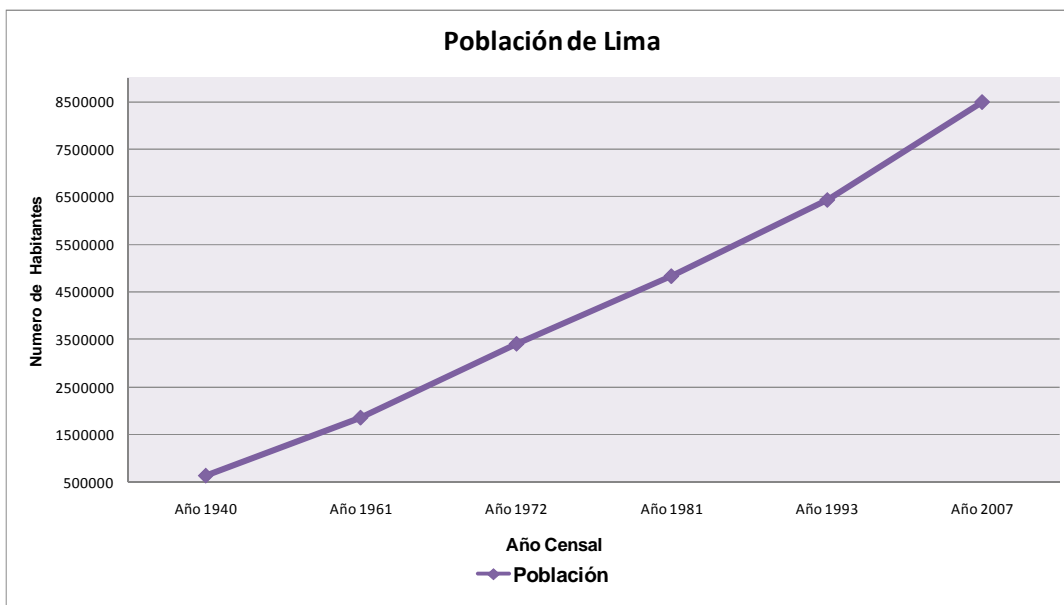
Del Cuadro 10 concluimos que para el año 2020, el área urbana será de 124,969.76 hectáreas, lo que significa que se necesitará 53,744.32 ha. de área para nuevos asentamientos urbanos de los que existe en el 2008, lo que corresponde aproximadamente al 75 % del área urbana del 2008 (71,225.44 ha) aproximada.

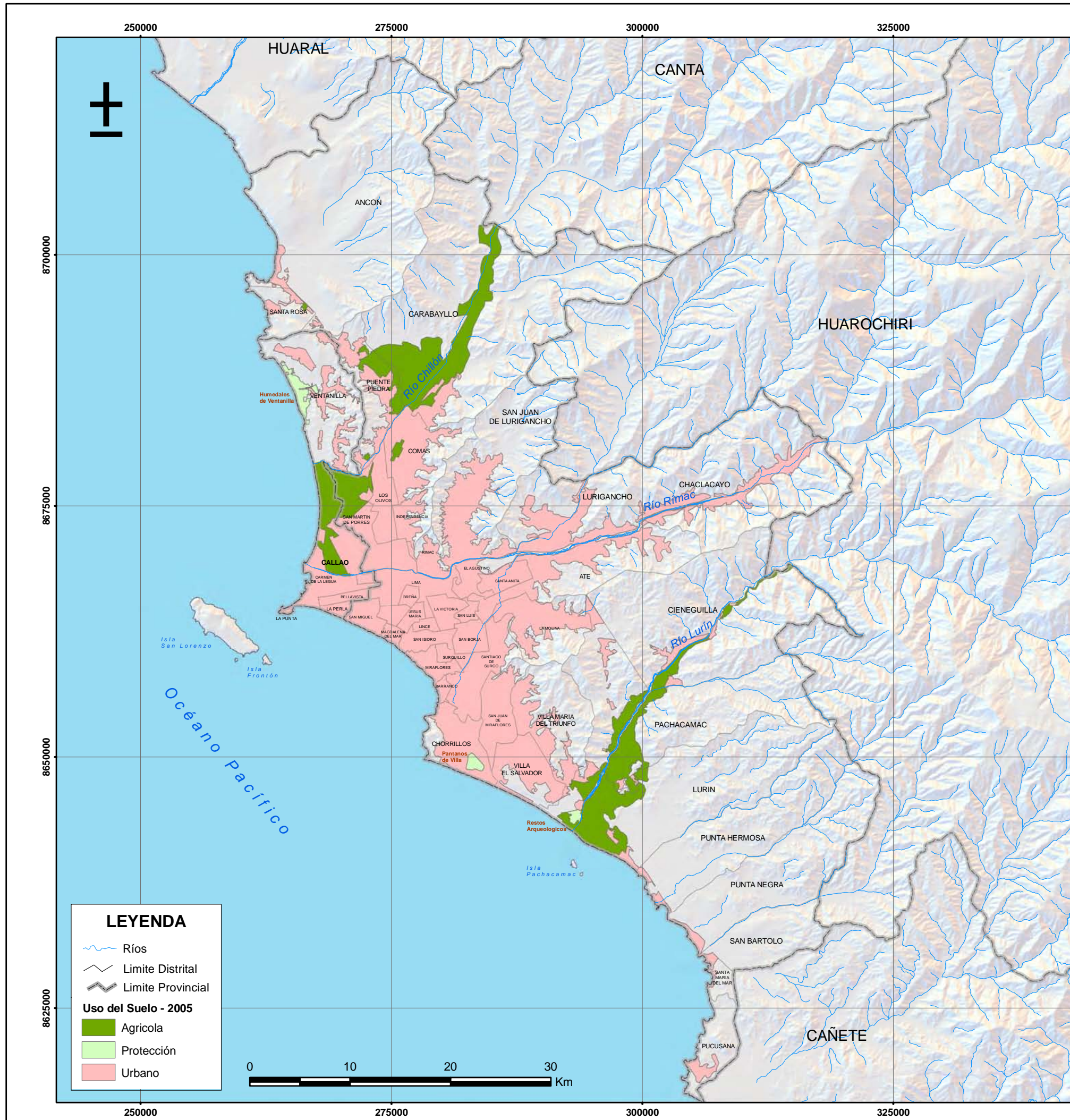
#### 4.1.2. Análisis Poblacional de la Ciudad

##### a. Comportamiento Poblacional en el Periodo 1940 – 2007

El cuadro 11 y la Figura 28 muestran la población en la ciudad de Lima en los diferentes censos:

Figura 28: Comportamiento de la Población de Lima.



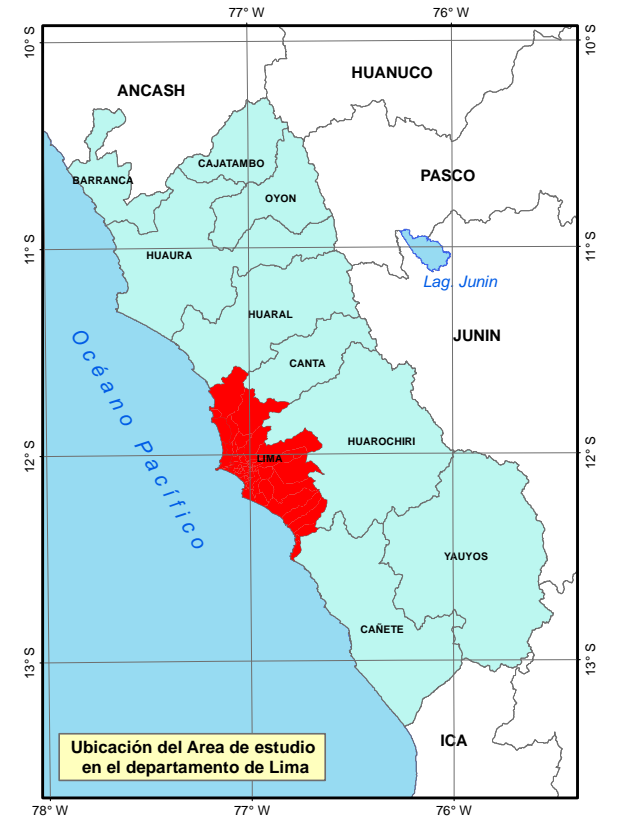


**LEYENDA**

- Ríos
- Limite Distrital
- Limite Provincial

**Uso del Suelo - 2005**

- Agrícola
- Protección
- Urbano



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Uso del Suelo - 2005**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº:

Fuente: IGN - SAN      Escala: 1: 400,000      **04**

Fecha: Junio - 2008

Cuadro 11: Población de Lima en los Censos 1972, 1981, 1993, 2005 y 2007 (Fuente INEI – Perú)

<b>Año Censal</b>	<b>1940</b>	<b>1961</b>	<b>1972</b>	<b>1981</b>	<b>1993</b>	<b>2007</b>
Población	645,172	1'845,910	3'418,453	4'835,793	6'434,323	8'482,619

**b. Cálculo de la Tasa de Crecimiento Poblacional entre los años 1993 – 2007**

Se calculó la tasa de crecimiento poblacional para el periodo intercensal 1993 - 2007, ya que el censo del 2005, realizado por el INEI, fue desestimado.

Para el cálculo de la tasa poblacional se tomo en cuanto los siguientes parámetros:

$$r = \left( \sqrt{(f-b) \frac{Pf}{Pb}} - 1 \right) \times 100$$

$$r = \left( \sqrt{(2007-1993) \frac{8482619}{6434323}} - 1 \right) \times 100$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento poblacional anual en %

entre el periodo 1993 -2007

Pf: Población de Lima en el año 2007

Pb: Población de Lima en el año 1993

f-b: 2007-1993

Pf	8'482,619
Pb	6'434,323
f-b	14
r	1.99%

**c. Proyección del Poblacional de Lima 2007 – 2020**

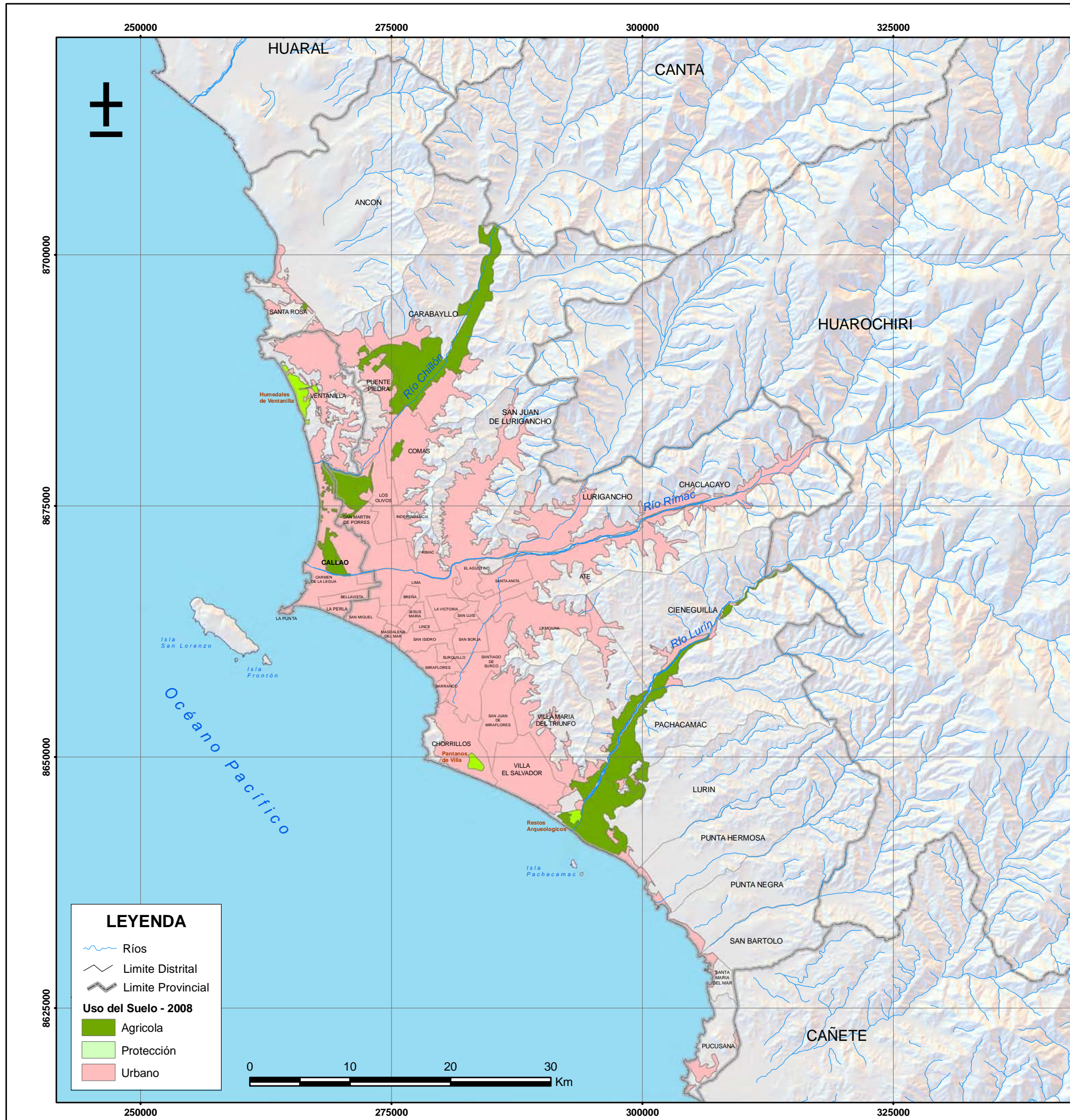
Utilizando como datos base los años 1993 y 2007 se procedió a proyectar la población, utilizando el método geométrico obteniendo la figura 29 y los datos resultados en el cuadro 12.

b = 2007

r: tasa de crecimiento poblacional.

r = 1.99% (periodo 1993-2007)



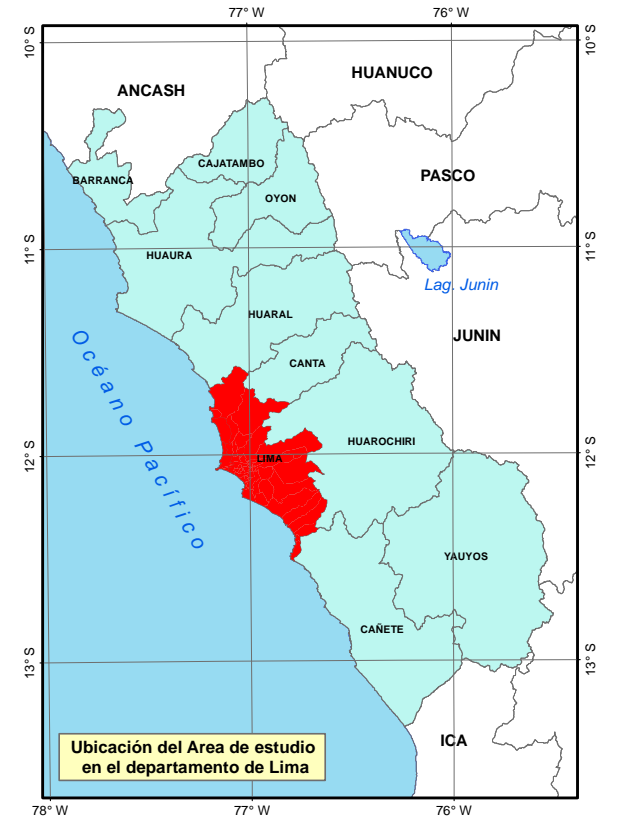


**LEYENDA**

- Ríos
- Limite Distrital
- Limite Provincial

**Uso del Suelo - 2008**

- Agrícola
- Protección
- Urbano



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

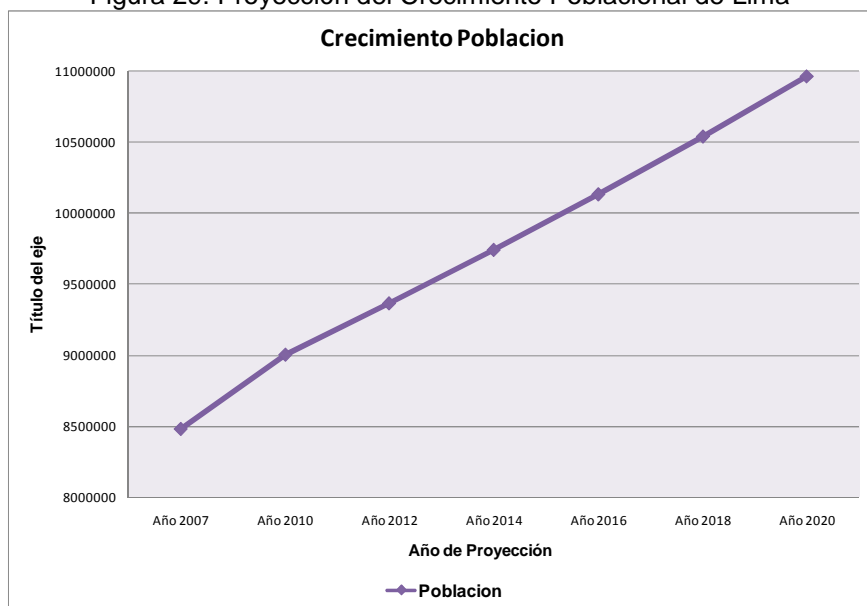
Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Uso del Suelo - 2008**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº:

Fuente: IGN - SAN - COFOPRI      Escala: 1: 400,000      **05**  
 Imagen Aster 2007      Fecha: Junio - 2008

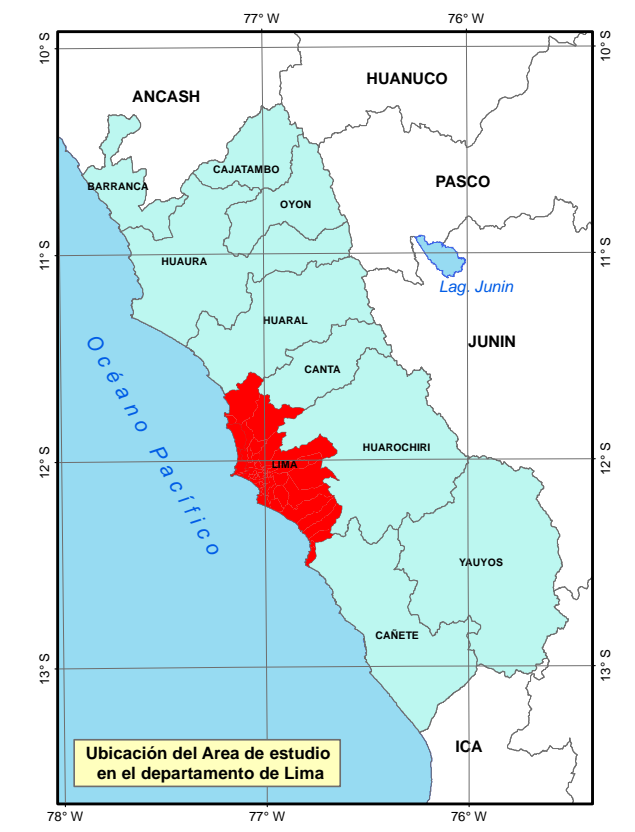
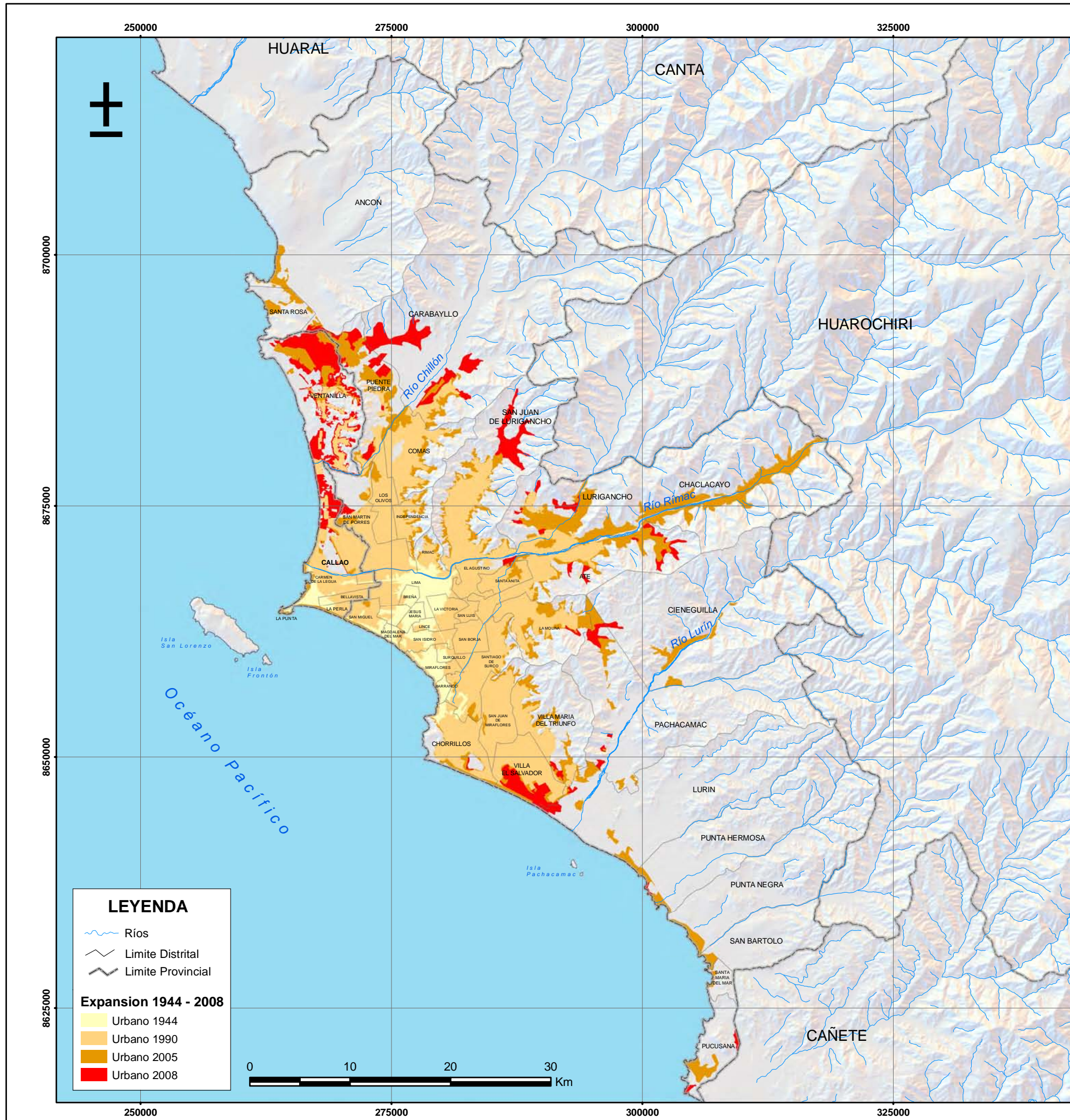
Figura 29: Proyección del Crecimiento Poblacional de Lima



Para el año 2020 se espera que la ciudad de Lima Metropolitana tenga una población de más 10 millones, lo que significaría que tendría la población similar a la de una megaciudad según el concepto de la ONU de 1992, pero no entraría en este concepto por su función Internacional, como ser económico, tecnológico y empresarial dentro del sistema global.

Cuadro 12: Proyección del Crecimiento Poblacional de Lima

<b>Año</b>	<b>2007</b>	<b>2010</b>	<b>2012</b>	<b>2014</b>	<b>20163</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>
<b>Población</b>	8'482,619	9'000,156	9'362,607	9'739,654	10'131,885	10'539,912	10'964,370



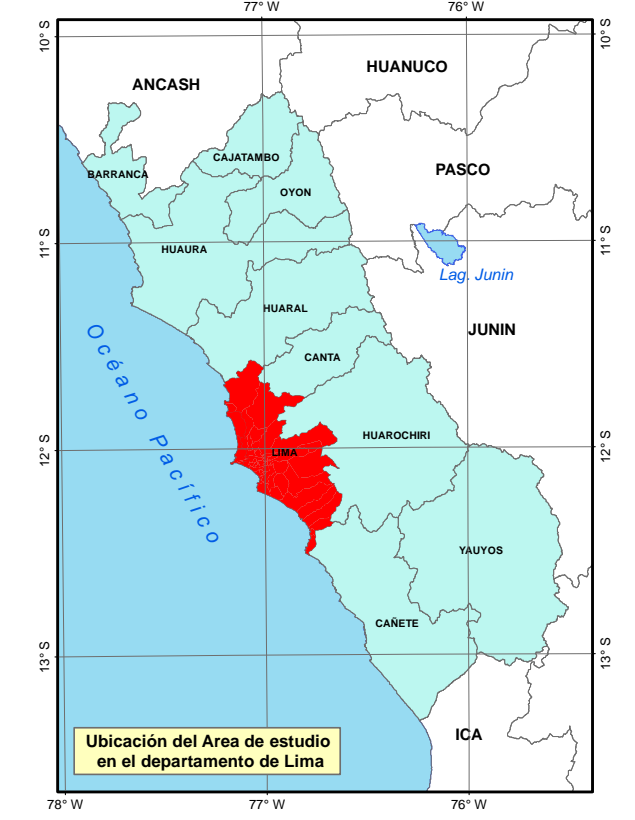
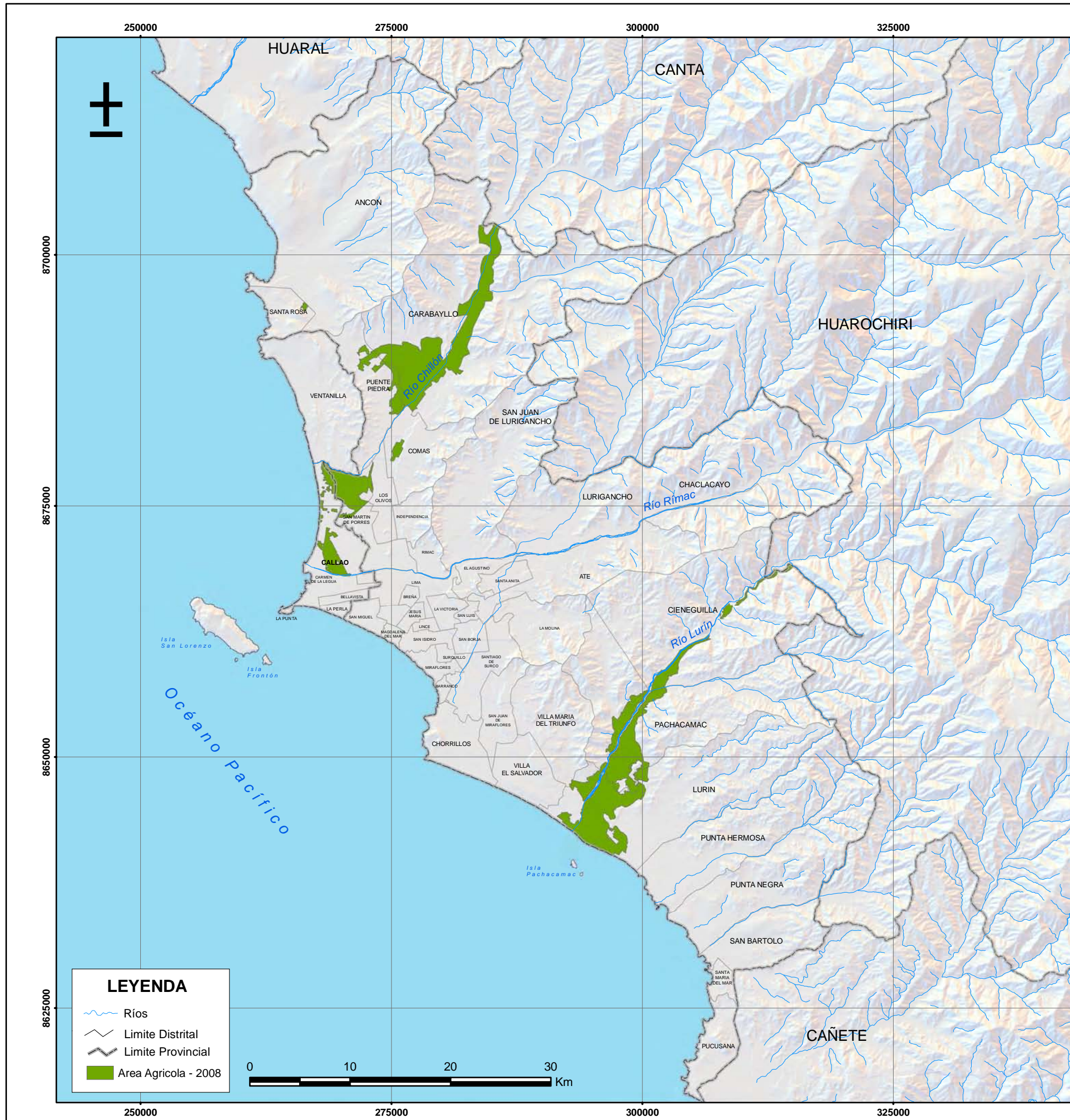
**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA  
**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Expansión Urbana en Lima 1944 - 2008**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº: 06

Fuente: IGN - SAN - COFOPRI      Escala: 1: 400,000  
 Imagen Aster 2007      Fecha: Junio - 2008



**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA,  
 METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Area Agricola en Lima - 2008**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López      Mapa Nº:

Fuente: IGN - SAN - COFOPRI      Escala: 1: 400,000

Imagen Aster 2007      Fecha: Junio - 2008

**07**

## **4.2. ANALISIS MULTICRITERIO PARA DEFINIR ÁREAS APTAS PARA EXPANSION URBANA.**

En el Análisis Espacial Multicriterio para determinar las áreas aptas para expansión urbana, se eligió la cuenca baja del Río Lurín por poseer áreas agrícolas, encontrarse actualmente sufriendo una fuerte presión urbana de la ciudad y poseer transporte público fluido contando así con una comunicación adecuada con el centro de la metrópoli limeña.

### **4.2.1. Identificación de Áreas Priorizadas.**

Antes de realizar el Análisis Espacial Multicriterio con el programa Ilwis 3.4, se necesitó rasterizar los mapas criterios (Factores y limitantes)

Luego, los mapas que funcionan como limitantes se reclasificaron; dando a las áreas que van a ser parte del análisis un valor igual a 1 o “true” (verdadero) y a áreas con restricciones el valor de “0” o False (falso) para que no intervengan en el análisis.

Al mapa factor de pendiente se le reclasifico agrupando en rango de valores de pendientes, y la asignación del peso fue mediante el método directo.

En base a los mapas de factores restantes, se obtuvo mapas de distancias con lo cual se pudo estandarizar y asignar pesos.

Estos son pasos previos para realizar el Análisis Espacial Multicriterio ya sea para la selección de alternativas como para la evaluación de alternativas. (Ver Anexos).

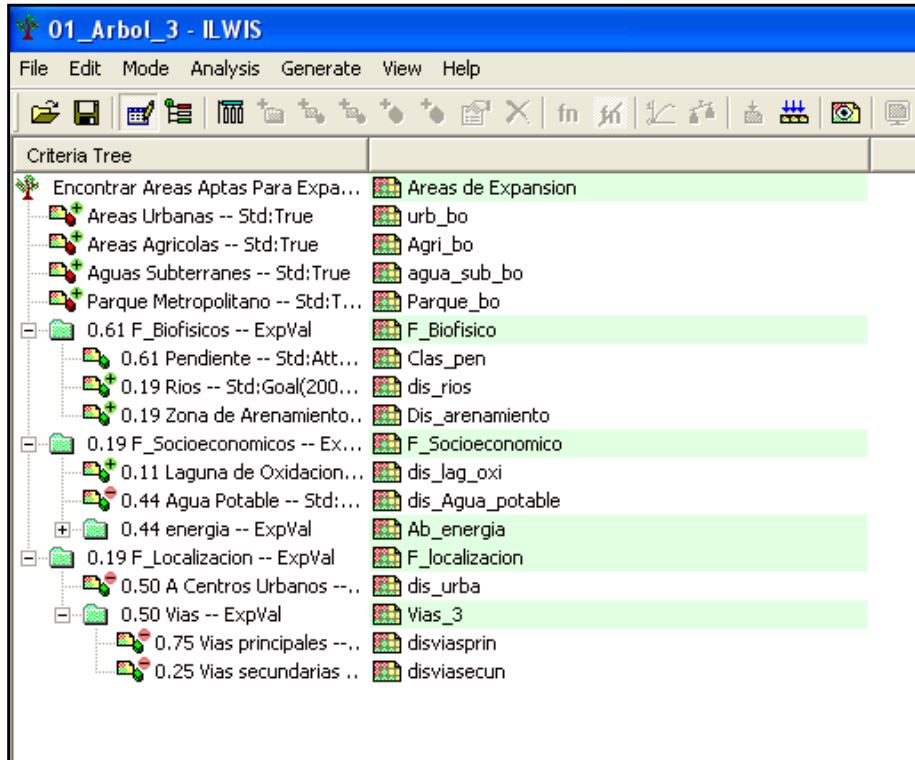
### **4.2.2. Diseño de Selección de Alternativas**

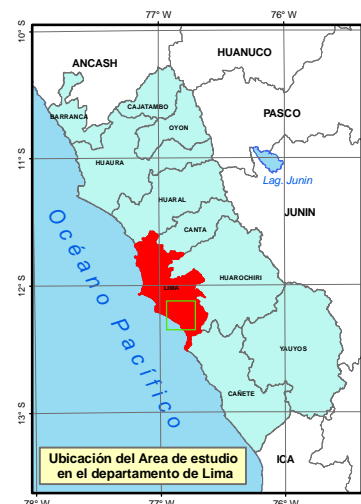
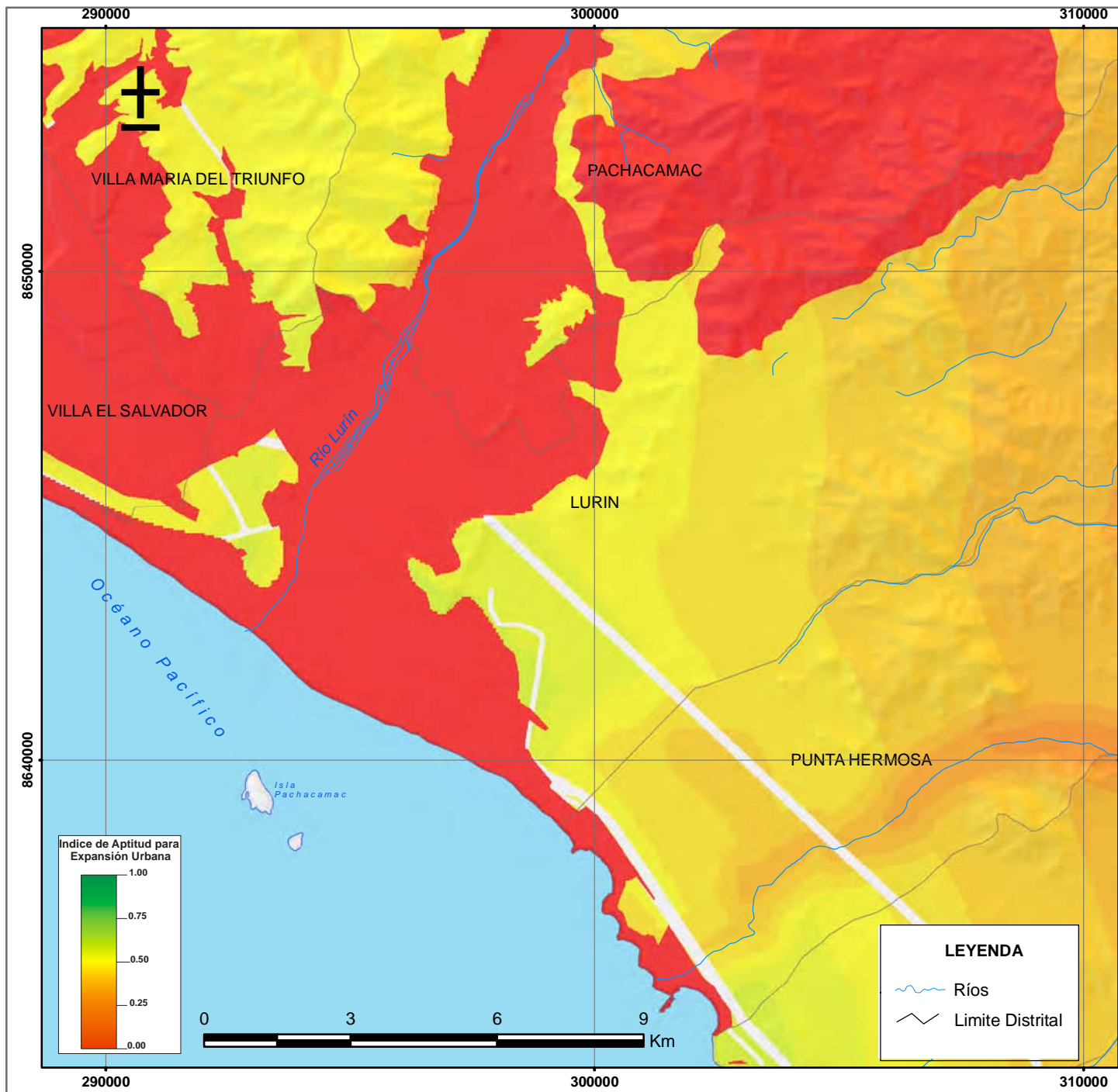
Se elaboró el árbol de Criterio en el programa Ilwis 3.4 en su modulo de Análisis Espacial Multicriterio (Spatial Multicriteria Evaluation - SMCE), según el esquema mostrado en la figura 06, se obtuvo como resultado el árbol de criterios que se muestra en la figura 30, se agrupó los mapas de acuerdo a las características de cada factor como se ha mencionado en la metodología (Cuadro 05), resultado del análisis de cada grupo de factores se obtiene Mapas intermedios. El Proceso a nivel de mapas se puede apreciar en la figura 31.

El Mapa resultante (Mapa 08) nos muestra las zonas que tienen aptitudes para asentamientos urbanos, estos tienen valores cercanos a 1 (verde) y de aptitudes más bajas son cercanas a 0 (rojo).

Reclasificando el valor de aptitud mostrado en el Mapa 08 de acuerdo al Cuadro 06, nos da las áreas más aptas para urbanizar y con la ayuda de un modelo digital del terreno al que se le aplico un filtro (Colshadow en Ilwis) o mapa de sombras, se procedió a seleccionar las alternativas para su posterior evaluación (ver Mapa 09).

Figura 30: Árbol de Criterios para Determinar Areas de Expansión Urbana.





**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

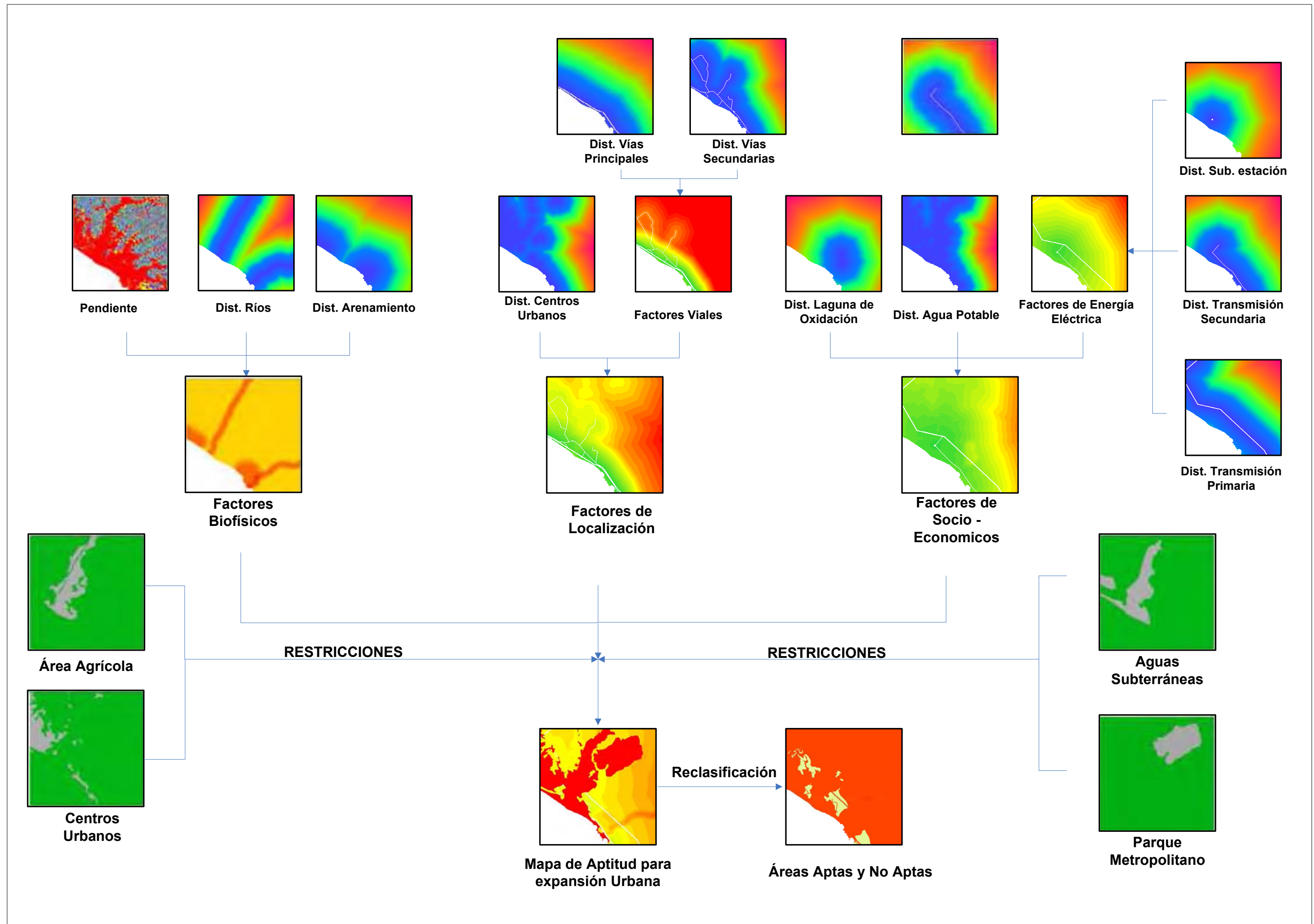
Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Aptitud para Expansión Urbana**

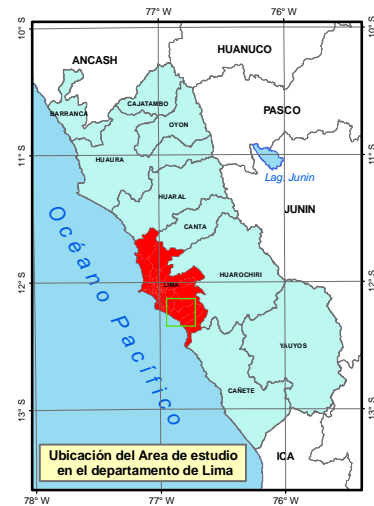
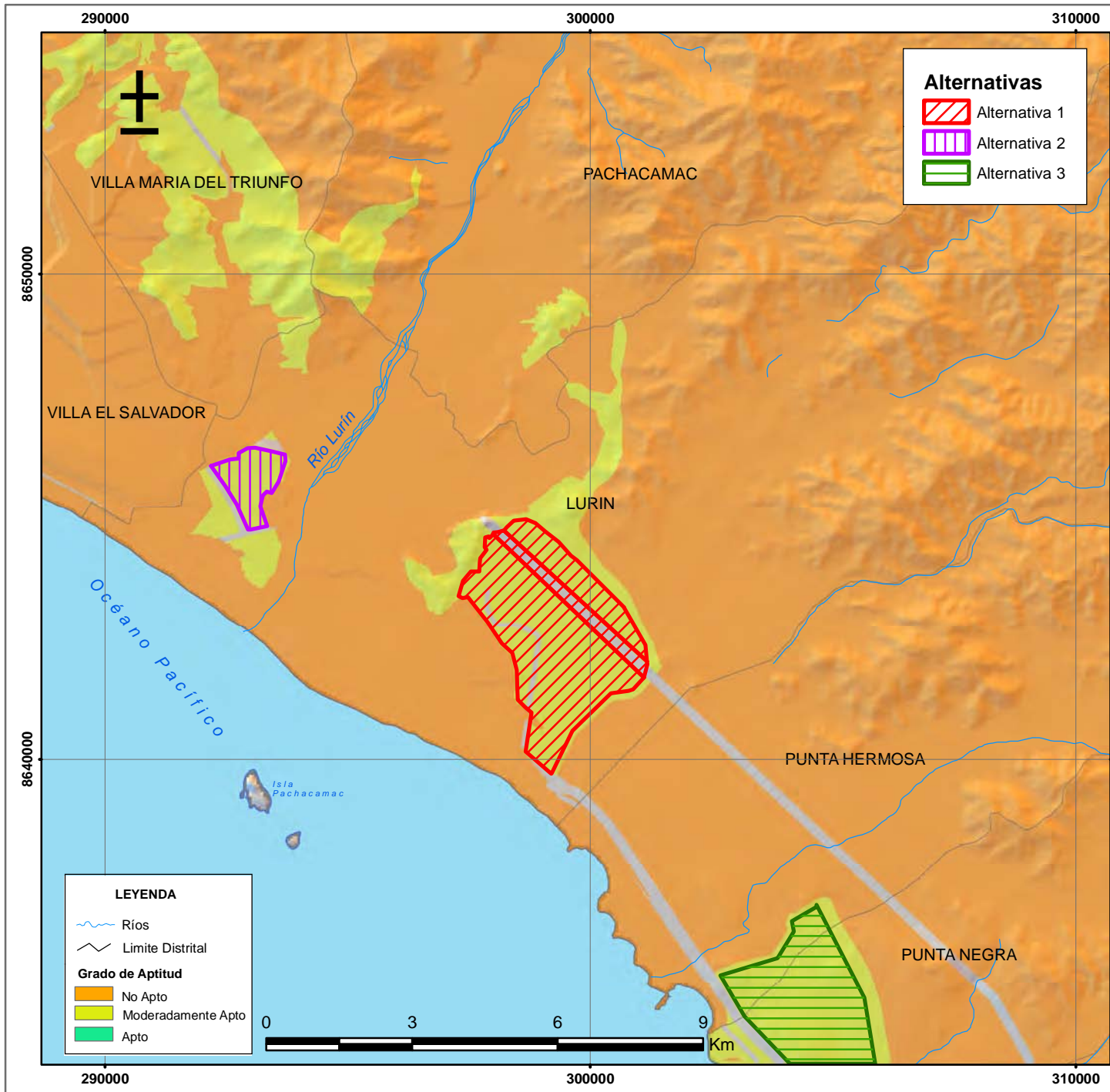
Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López	Mapa N°:
Fuente: IGN - COFOPRI Imagen Aster 2007	Escala: 1: 120,000
	Fecha: Junio - 2008

**08**

Figura 31: FLUJOGRAMA DEL ESQUEMA DEL ÁRBOL DE CRITERIO DE SELECCIÓN







**UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS**  
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA

**E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA**

Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín

Tema: **Grado de Aptitud para Expansión Urbana**  
**Selección de Alternativas**

Elaborado: Bach. Rubén Armando Daga López	Mapa N°:
Fuente: IGN - COFOPRI Imagen Aster 2007	Escala: 1: 120,000 Fecha: Junio - 2008

**09**

### 4.2.3. Evaluación de Alternativas

Según el esquema del árbol de criterio para evaluación de alternativas mostrado en la figura 17, se elaboró el Árbol de Criterios en Ilwis 3.4, se obtuvo como resultado un árbol de criterios de evaluación (Ver Figura 32); se puede apreciar el procedimiento a nivel de mapas en la Figura 33. De la misma forma que en el diseño de alternativas, en las alternativas resultante se evalúa por índice de aptitud los valores cercanos a 1 (verde) poseen mayor aptitud que los cercanos a 0 (rojo) como se puede apreciar en la figura 34, donde podemos apreciar que la alternativa 1 tiene mayor aptitud que las otras.

Analizando la tabla de agregación espacial (Cuadro 09) que nos muestra la estadística de los valores de los píxeles de las alternativas y contrastando con la interpretación visual de los valores de los píxeles se puede concluir que la alternativa 1, es la mejor; la alternativa 2 posee un área demasiado pequeña lo que significa que beneficiara a menor población; y la alternativa 3 por encontrarse a mayor distancia del centro de la ciudad en comparación a las otras dos alternativas.

Figura 32: Árbol de Criterios para Evaluación de Alternativas.

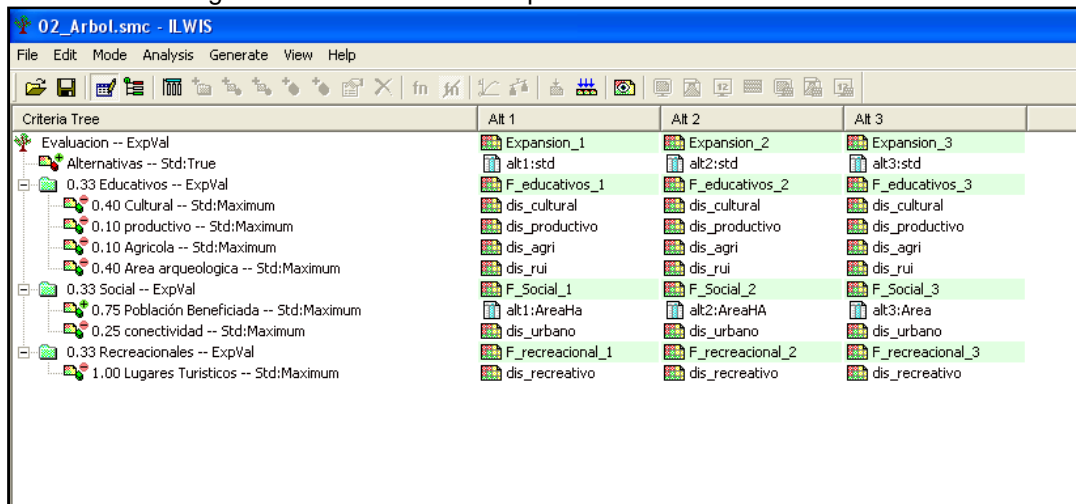


Figura 33: FLUJOGRAMA DEL ESQUEMA DEL ÁRBOL DE CRITERIO DE EVALUACIÓN

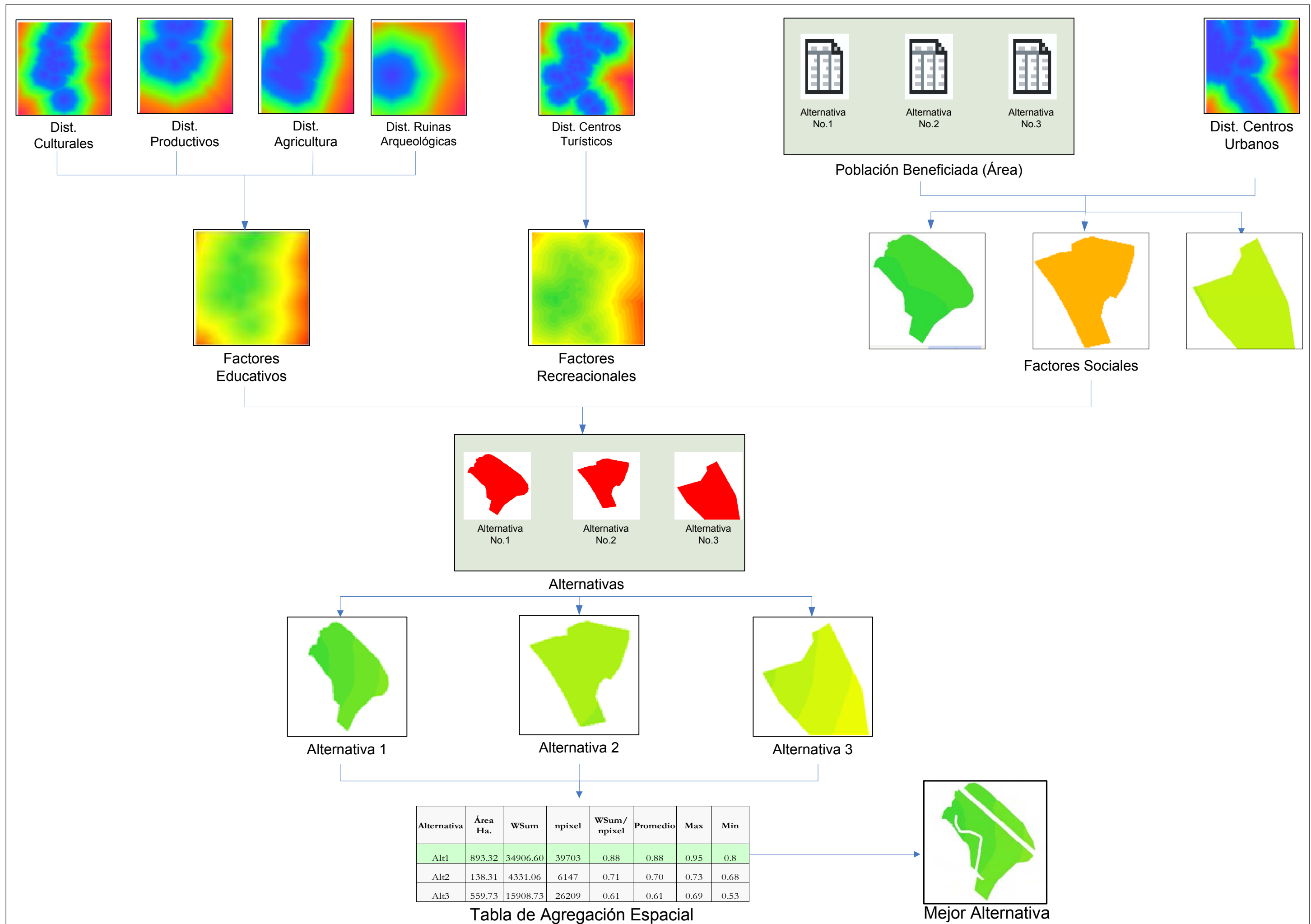
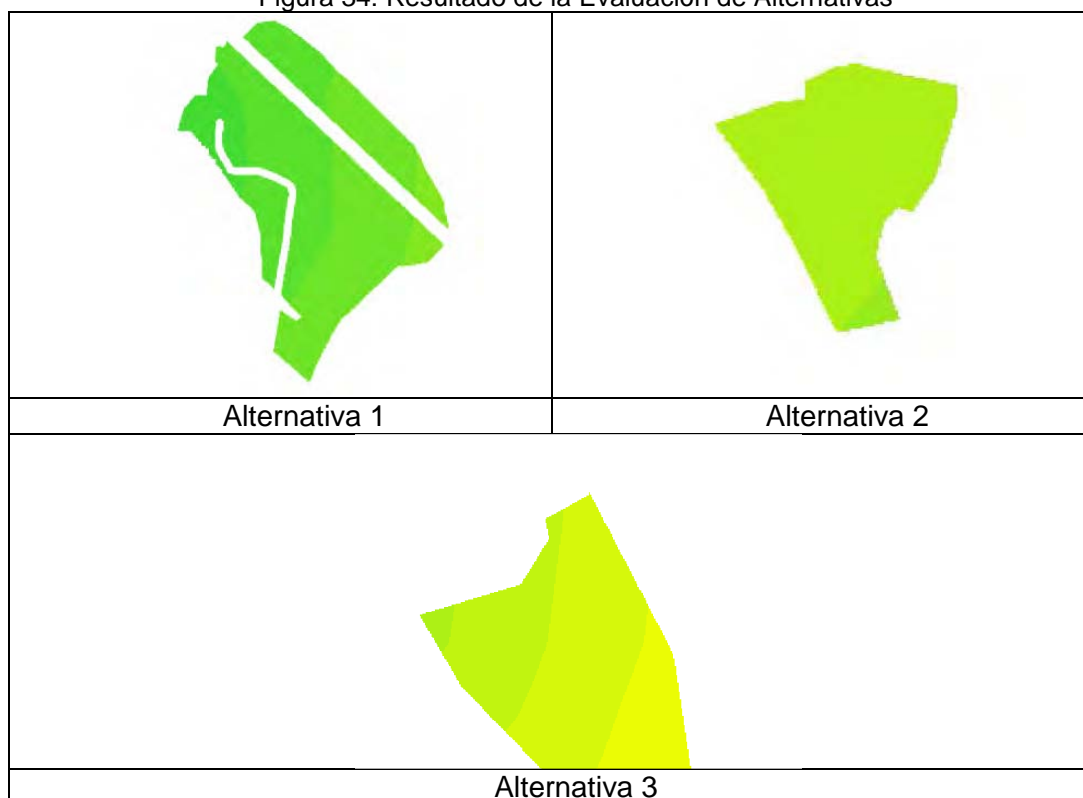


Figura 34: Resultado de la Evaluación de Alternativas



#### 4.2.4. Tabla de Agregación Espacial

En la tabla de agregación espacial (Cuadro 13) se puede apreciar que la alternativa 1, tiene la mayor área, por lo cual tendrá mayor población beneficiada que las otras dos, así mismo tanto el promedio como los valores mínimos y máximos de los pixeles son mayores, por lo cual se puede verificar que es la mejor alternativa que las otras dos, pero también se puede apreciar que las otras dos alternativas poseen altos valores.

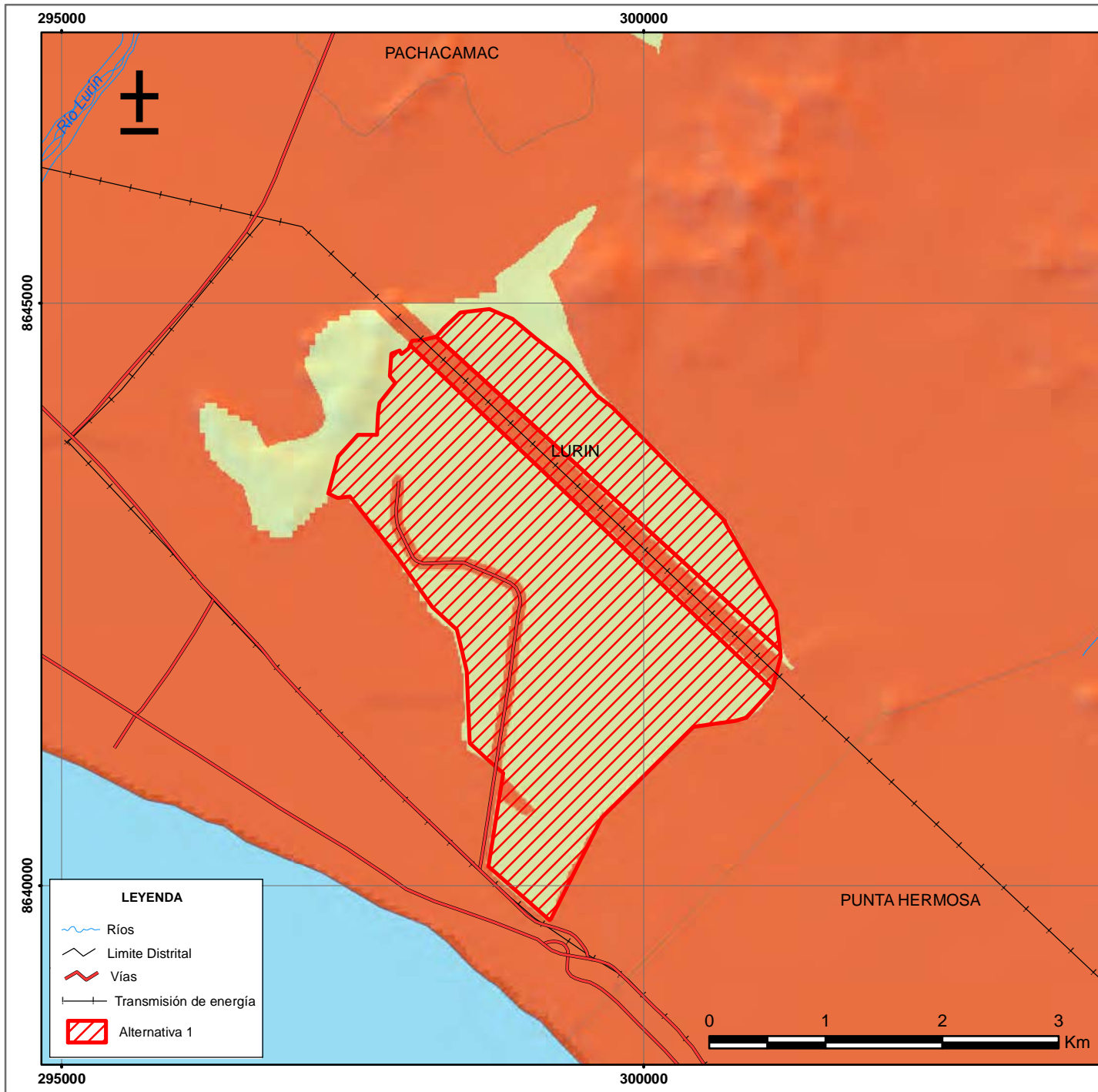
Cuadro 13: Resultado de la Agregación Espacial de las Alternativas.



Alternativa	Área Ha.	WSum	npixel	WSum/n pixel	Promedio	Max	Min
Alternativa1	893.32	34,906.60	39,703	0.879	0.879	0.95	0.8
Alternativa 2	138.31	4331.06	6147	0.705	0.705	0.73	0.68
Alternativa 3	559.73	15,908.73	26,209	0.607	0.607	0.69	0.53

#### **4.2.5. Características de Alternativa Seleccionada**

La alternativa seleccionada (ver mapa 10) se encuentra por debajo de los 100 msnm, en la planicie costera y de deyección, con materiales de acarreo del principalmente del río Lurín, con una pendiente menor al 20%, cerca a áreas de abastecimiento de agua potable y de energía eléctrica, a una distancia aproximada de 30 Km del centro de la ciudad, posee vías de acceso, esta área se encuentra dividida por una línea de transmisión de energía eléctrica primaria, la parte más occidental con 704.3 ha. y la parte más oriental con 189.01 ha.

La alternativa 1; tiene 893.32 ha. lo que corresponde aproximadamente al 1.66% del área que se necesitaría para el año 2020.



 <b>UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS</b> FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA		
<b>E. A. P. INGENIERIA GEOGRAFICA</b>		
Tesis: Determinación de Áreas con Aptitud para la Expansión Urbana con fines de Ordenamiento Territorial Aplicando el Análisis Espacial Multicriterio. - Caso: Cuenca Baja del Río Lurín		
Tema: <b>Alternativa Adecuada para Expansión Urbana</b>		
Elaborado:	Bach. Rubén Armando Daga López	Mapa N°:
Fuente:	IGN - COFOPRI Imagen Aster 2007	Escala: 1: 50,000 Fecha: Junio - 2008
		<b>10</b>

## **CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1. CONCLUSIONES**

En base a los objetivos propuestos y a los resultados obtenidos se llegó a las siguientes conclusiones:

- El Crecimiento urbano de Lima ha ido aumentando desde 5,630 ha en 1944, a más de 71,000 ha. a Julio del 2008.
- De acuerdo al resultado del análisis multitemporal del crecimiento urbano de la ciudad de Lima Metropolitana, se aprecia que existe una tendencia de crecimiento urbano continuo con una tasa de crecimiento anual aproximada de 4.80% del período 2005 - 2008 lo que significaría que para el año 2020, Lima necesitará unos 53,744.32 ha. aptas para ser urbanizadas.
- El proceso de expansión urbana se ha producido dentro de las áreas agrícolas, lo que pone en riesgo las últimas zonas de producción agrícola de las cuencas bajas del río Chillón y Lurín así como también las áreas recreacionales existentes y de valor ecológico como los Humedales de Villa; y Humedales de Ventanilla.
- Las áreas agrícolas perdidas en Lima entre el periodo 2005 – 2008 debido al crecimiento urbano llegan a 1685.63 ha. que corresponde a una tasa de pérdida de 3.69 % anual, debido al crecimiento urbano de la ciudad.
- El modelo de selección de alternativas presentado en este estudio, se basa en el uso tradicional de áreas agrícolas, el cual puede ser modificado al comprobarse que el uso de agricultura ya no es la más adecuada para estas tierras o si existe una política de cambio de uso por parte del gobierno local.
- En el modelo se aprecia que los factores biofísicos son determinantes, debido a la asignación del peso, ya que estos factores en países con escasa tecnología y técnicas, como el nuestro, son difíciles de modificar.
- La alternativa 1 resulto ser la más adecuada para la expansión urbana, por tener pendientes menores a 20%, ceca a zonas de abastecimiento de agua potable y energía eléctrica, mejor accesibilidad, y poseer una superficie de 893.32 Ha. que beneficiaría a un número mayor de pobladores que las otras alternativas.

- La alternativa 1; tiene 893.32 Ha. Lo que corresponde aproximadamente al 2% del área que se necesitaría para el año 2020.
- La herramienta Ilwis 3.4 es eficiente por que integra las tecnología de Sistemas de Información Geográfica con el Análisis Espacial Multicriterio facilitando su uso y el análisis de espacios, agrupando los factores de acuerdo a los sistemas territoriales (Biofísico, Socioeconómico, etc.).

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Debido a escasez de áreas para urbanizar se debe cambiar el modelo de crecimiento urbano a uno vertical, para lo cual se debe realizar estudios de geotecnia en los suelos para establecer el número de pisos de las edificaciones que este puede soportar.
- Considerando el crecimiento urbano de Lima a lo largo del periodo analizado, es necesario hacer estudios de aptitudes de tierras para la urbanización a más detalle, a nivel de gobiernos locales, tomando en cuenta las áreas con actividades productivas y habitabilidad de las áreas, además del acceso a los servicios básicos (luz, agua y desagüe).
- El modelo presentado puede ser mejorado utilizando estándares urbanos empleados por diferentes institutos de planificación urbana y también con la participación de la población local, para un levantamiento adicional de otro tipo de datos y saber la visión de la población local, e integrar sus creencias y costumbres.
- La alternativa 1; al encontrarse dividida por una línea de transmisión de energía eléctrica, se recomienda que tenga un uso residencial (viviendas) la zona más occidental la cual cuenta con área aproximada de 704.31 ha. y un uso de servicios tales como plazas, losas deportivas, etc. la zona más oriental que cuenta con un área aproximada de 189.01 ha. Dando esta distribución se puede evitar accidentes.



## BIBLIOGRAFIA

- Andrade Pérez, Ángela. 2004 Bases Conceptuales para el Ordenamiento Territorial en Colombia - Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango. Disponible en: <http://www.lablaa.org/blaavirtual/geografia/orden2/orden2.htm>. Acceso 15 Setiembre 2007.
- Andrade Pérez, Ángela y AMAYA, Manuel. 1994. "El ordenamiento territorial en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi: aproximación conceptual y metodológica". Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Proyecto SIG-PAFC, revista SIG-PAFC. Santafé de Bogotá, año 1, No. 3, septiembre.
- Arnez Martínez y Jimena G. 2002. Modelo de identificación de zonas aptas para la relocalización de viviendas ubicadas en zonas de alto riesgo del parque nacional Tunari y su aplicación en la toma de decisiones en proyectos de planificación- Tesis de grado de Magister en Información de Suelos para el manejo de los Recursos Naturales:. Universidad Mayor de San Simón-CLAS - ITC.
- Barredo Cano José y Gómez Delgado, Montserrat. 2005. Sistema de Información Geográfica y Evaluación Multicriterio Alfaomega. Mexico
- Borja, Jordi y Castells, Manuel. 1997. Local y Global La Gestión de Ciudades en la era de la Información. Grupo Santillana de Ediciones. Pp183, 194, 283.
- Bosque Sendra, Joaquín. 2006. Los Sistemas de Información Geográfica en el Estudio de los Problemas Sociales y Territoriales. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, España.
- Bosque Sendra, Joaquín. 2006. Los Sistemas de Información Geográfica en el Estudio de los Problemas Sociales y Territoriales. Departamento de Geografía, Universidad de Alcalá, España. Pp 113 – 129.
- Bosque Sendra, Joaquín y Garcia, Rosa C. 2000. El Uso de los Sistemas de Información Geográfica en la Planificación Territorial. Anuales de Geografía de la Universidad Complutense No. 20 Pp 49-67.

Conteras Miguel, Dora y Fernández Flores, Joshep. 2007. Aplicación de Sistemas de Información geográfica y Evaluación Multicriterio para determinar la Capacidad de Acogida del Callejón de Conchucos para el Uso Agrícola, Tesis para optar el título de Ingeniero Geógrafo – EAP Ingeniería Geográfica – Universidad Nacional Mayor de San Marcos – Perú.

Carvallo Salas, Joahna. 2006. Assessing the spatial relationship between public road infrastructure and the socio-economic indicators of urban poverty in southern Lima, Perú Tesis de Maestría en Ciencia ITC – Países Bajos.

Collazos Reyes, Elda. 2005. Escenarios de crecimiento urbano en el municipio de Tiquipaya a partir de evaluación espacial Multicriterio. Tesis de maestría profesional en información de suelos para el manejo de recursos naturales. UMSS-CLAS.

Ducci, María Elena. 2000. Santiago: Territorios, anhelos y temores. Efectos sociales y espaciales de la expansión urbana. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0250-71612000007900001&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612000007900001&lng=es&nrm=iso&tlng=es) acceso 07 Abril 2007 11:20.

GEA. 2005. GEO Lima y Callao, Perspectivas del Medio Ambiente Urbano, Pp 38 – 40.

Instituto Metropolitano de Planificación. 2005. Atlas Ambiental de Lima Metropolitano de Lima. ITC, Nuffic, pp 58 – 86

Iregoyen Cossio, Eduardo. 2003. Aptitud de Suelos para la Expansión Urbana en el Municipio de Capinota. Tesis de grado de Magister en Información de Suelos para el manejo de los Recursos Naturales. CLAS ITC.

Juan Antonio, Alberto. 2005. El Crecimiento Urbano y su Incidencia en la Vulnerabilidad Ambiental y Social, El Caso del Gran Resistencia. Universidad Nacional del Noreste(Argentina) . Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005.

Massiris, Ángel. 2000. Ordenamiento territorial: Experiencias Internacionales y desarrollos conceptuales y legales realizados en Colombia. Biblioteca Virtual Luis Ángel Arango. Disponible en:

<http://www.lablaa.org/blaavirtual/geografia/orden/presen.htm>. Acceso 15 Setiembre 2007.

Maskrey, Andrew. Comp. 1998. Navegando entre Brumas, La Aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgos en América Latina. Ed. la RED. Pp 9 – 30.

Matos Mar, José. Las Barriadas de Lima 1957. 1977. Institutos de Estudios Peruanos.

Renzo Riffo, Lilo y Núñez Rodríguez, Marcela. 2004. De la Expansión urbana a la Protección Natural: Un Nuevo Paradigma. Revista Urbano de Mayo Volumen 7. Pp 32-36

Rolf A. 2003 Principles of Geographic Information Systems, ITC Serie de Textos educacionales, Segunda edición Pp. 33 - 42.

Sharifi, Ali; Marjan Van, Herwijnen And Willem Van Den Toorn. 2004. Spatial Decision Support Systems, Capitulo 3 Spatial Multiple Criteria Decision Analysis. Pp.157-173.

# **ANEXOS**

## Preparación de Mapas para la Evaluación Multicriterio

### 1. Selección de Alternativas

#### a) Mapas Limitantes

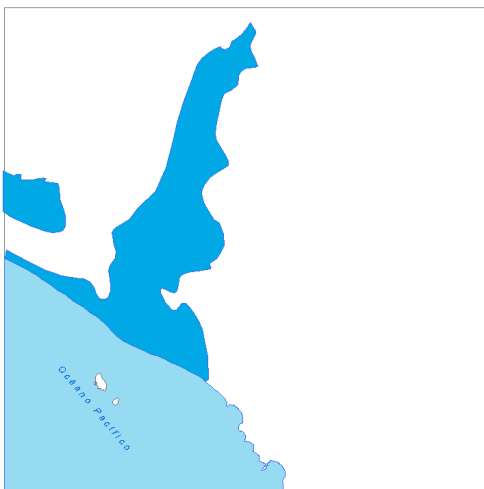
Área Urbana



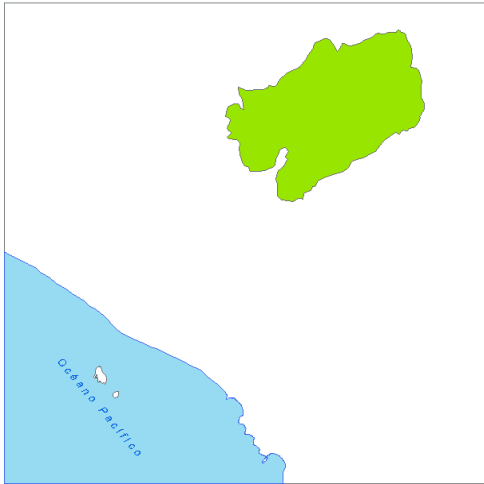
Área Agrícola



Aguas subterráneas



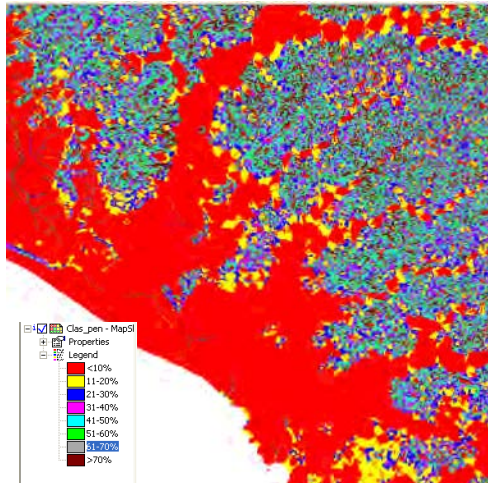
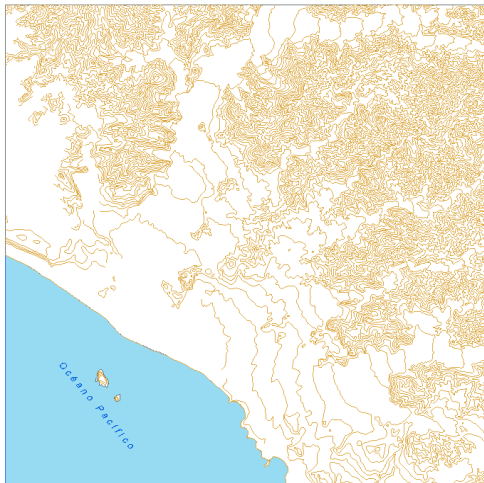
## Parque metropolitano



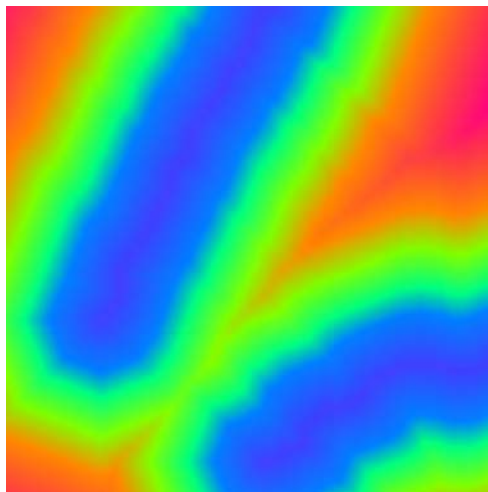
## b) Mapas Factores

### Biofísicos

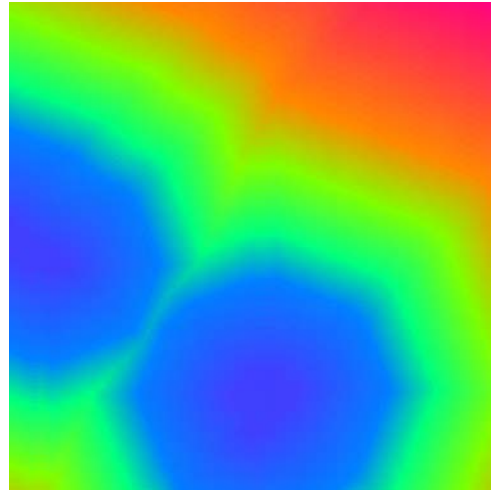
#### Pendiente



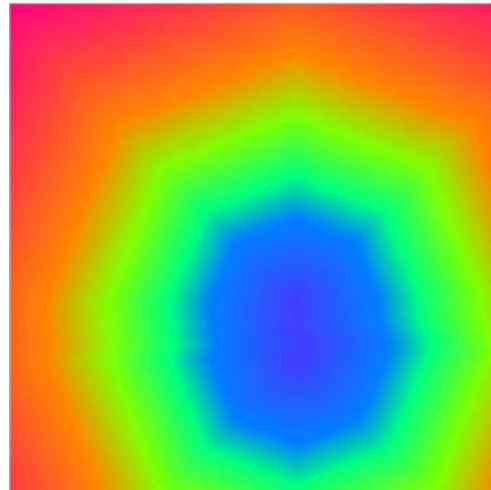
#### Cursos de Agua



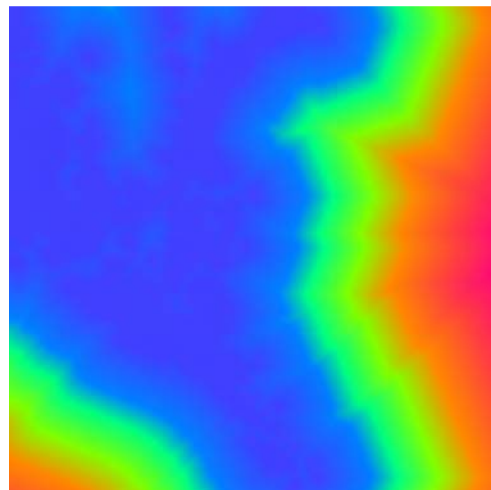
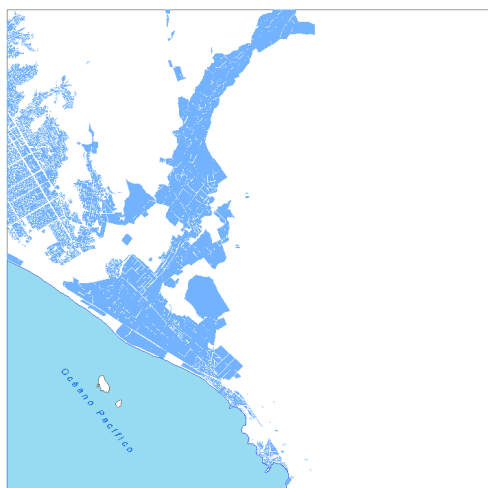
Depósitos de erosión eólica



**Socio-económicos**  
Laguna de Oxidación



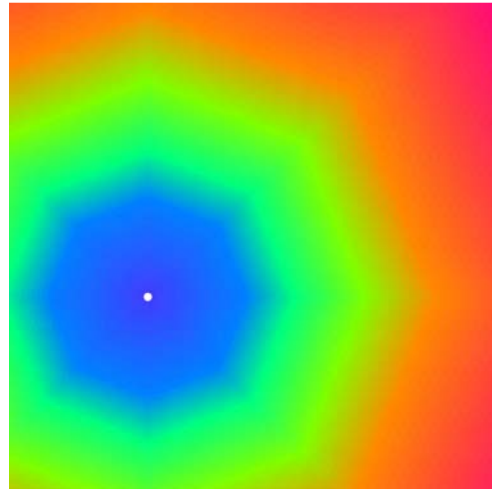
Abastecimiento Agua Potable



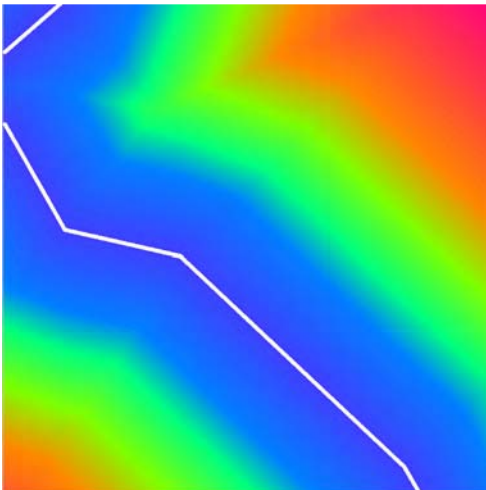
Energía Eléctrica



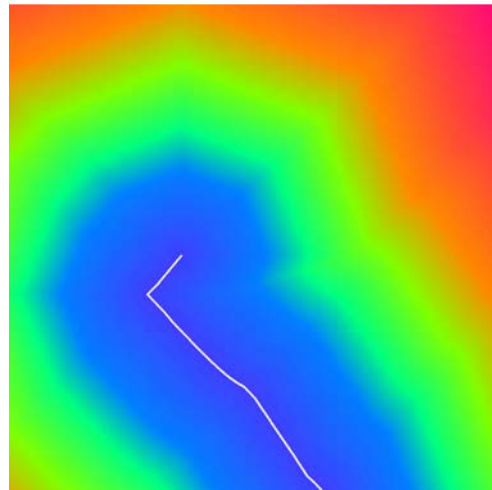
Sub Estación de energía



Línea Transmisión de Energía Eléctrica  
Primaria

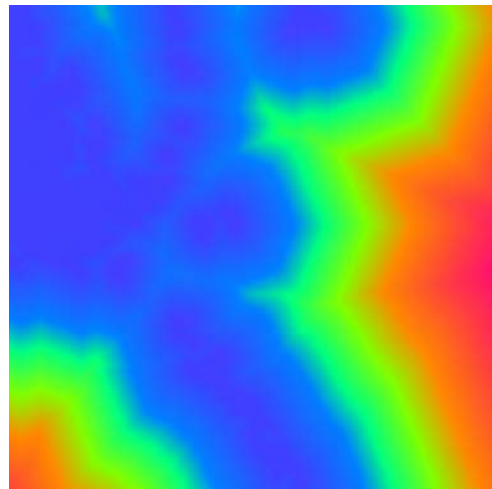


Secundaria



**De conexión**

Hacia otros centros urbanos

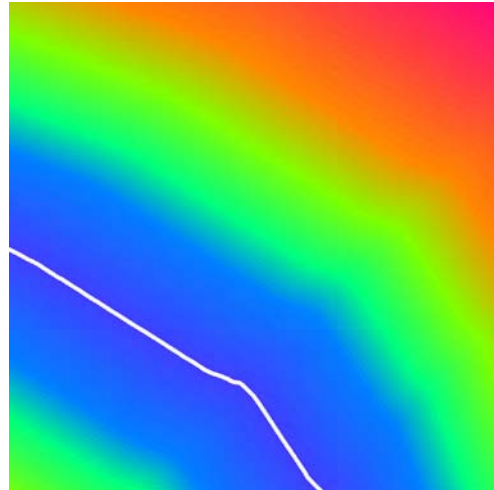




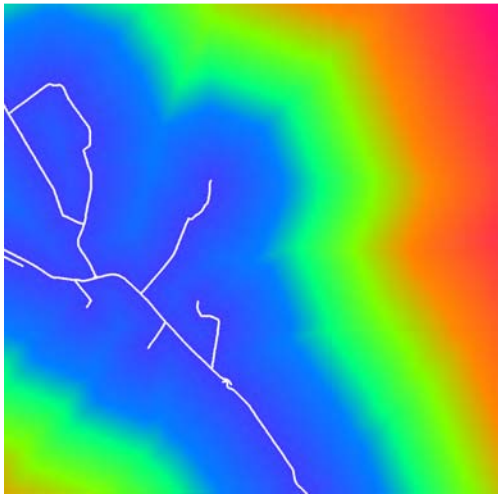
Vías



Vías Principales



Vías Secundarias

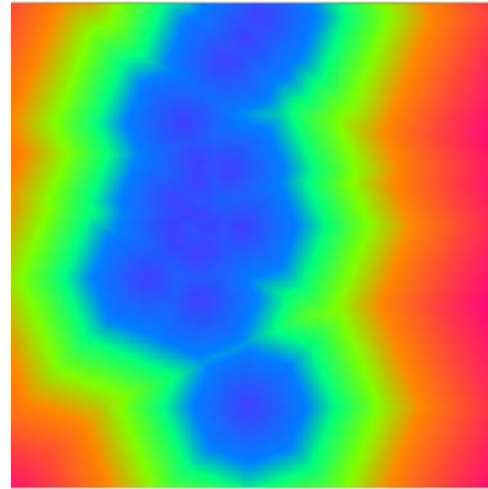
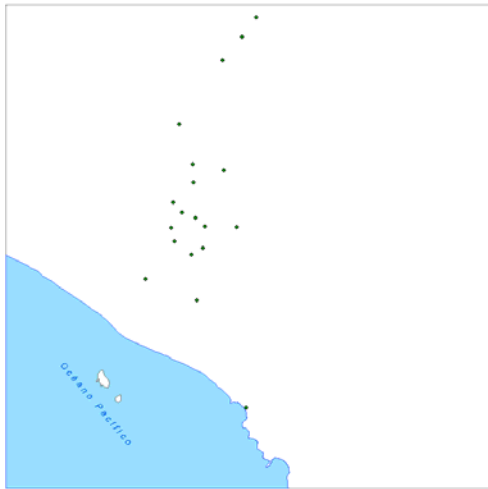


## 2. Evaluación de Alternativas

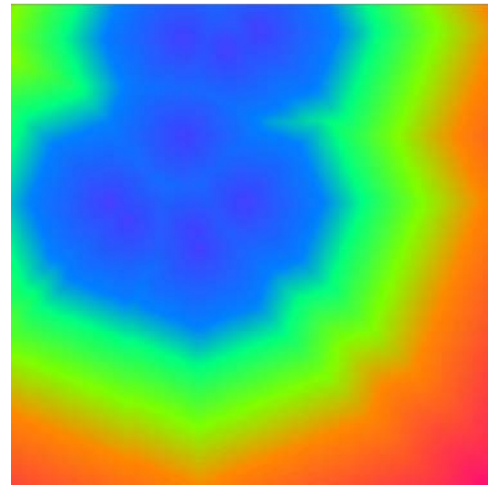
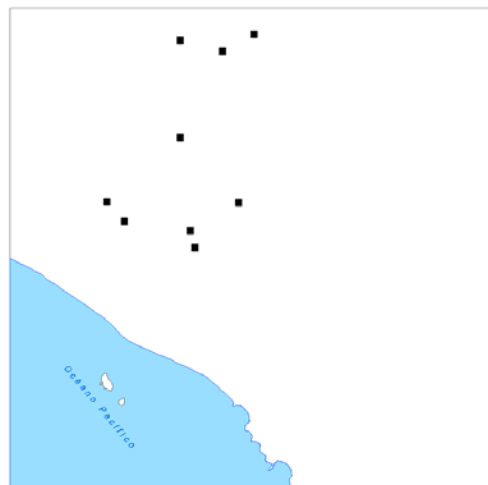
### a) Mapas Factores

#### Factores Educativos:

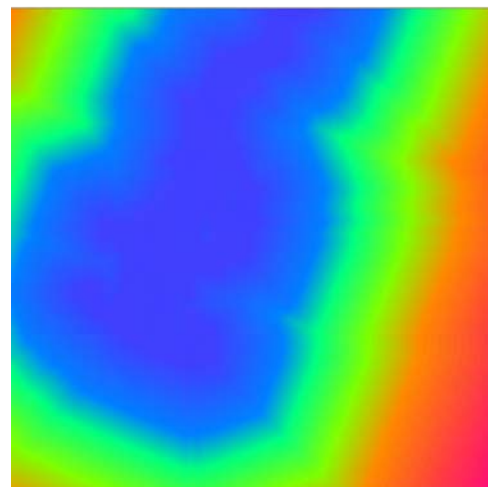
Lugar de Interés Cultural



Lugares de Interés Productivo

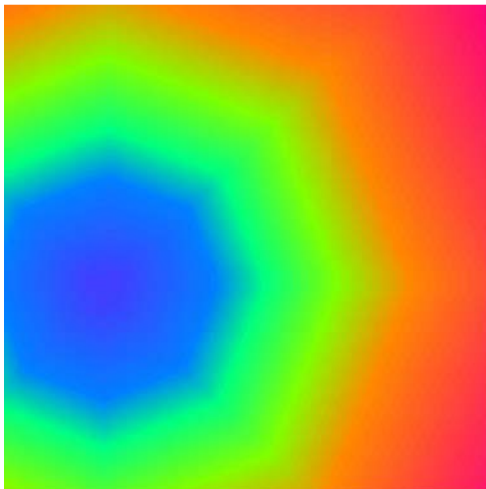
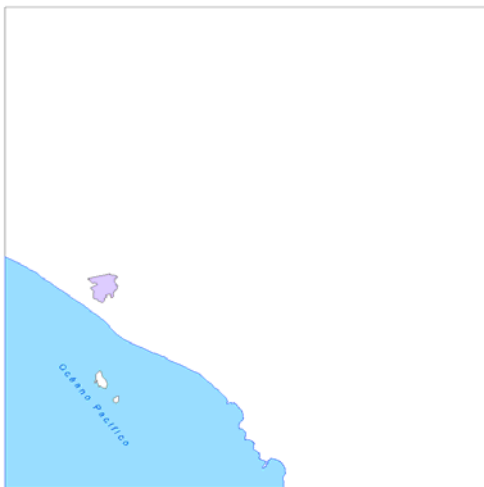


Áreas Agrícola

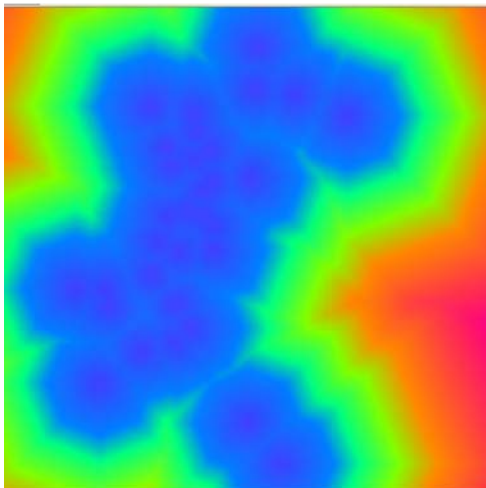
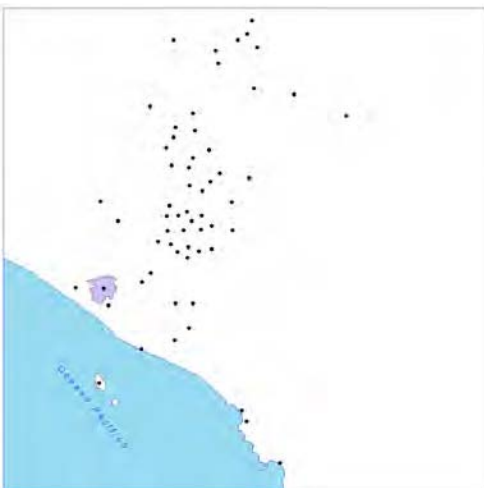


## Factores Recreacionales.

Arqueológico



Lugares Turísticos



Factores Sociales

Conectividad

