

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

FACTULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



“MODELAMIENTO GEOESPACIAL GOTA PARA DETERMINAR  
LAS ZONAS CON MAYOR VULNERABILIDAD A LA  
INSEGURIDAD HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RIO PIURA”

Presentada por:

VICTOR JORDI ALARCÓN JIBAJA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO AGRÍCOLA

---

Lima – Perú

2016

Un especial agradecimiento  
a los profesionales e instituciones que colaboraron  
en la elaboración de este trabajo.

A mis profesores Dr. Eduardo Chavarri, Ing. Rosa Miglio, Ing. Manuel Barreno;  
por su apoyo técnico y buenos consejos.

Y al Gobierno Regional de Piura y el Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira Piura,  
por la información otorgada.

El presente trabajo está dedicado  
a mi familia por su apoyo y confianza durante todo momento.

A mis padres Pilar y Victor  
por motivarme a investigar antes de comenzar a trabajar y,  
a mis hermanos Paulina, Argelis y André  
por escuchar mis ideas y darme su opinión personal.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVO PRINCIPAL .....	3
1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
2.1. MARCO DE REFERENCIA .....	4
2.1.1. Problemática de la escasez del agua a nivel mundial .....	4
2.1.2. Gestión del agua en América Latina .....	5
2.1.3. Gestión del agua en el Perú .....	7
2.1.4. Gobernanza en la cuenca del río Piura .....	9
2.2. BASES TEÓRICAS .....	10
2.2.1. Índice de Pobreza Hídrica (IPH) .....	10
2.2.2. Zonificación Ecológica Económica (ZEE) .....	11
2.2.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG) .....	13
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS .....	15
2.3.1. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo .....	15
2.3.2. Seguridad Hídrica .....	17
2.3.3. Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH).....	18
2.3.4. Gobernabilidad del agua .....	19
2.3.5. Modelo GOTA (Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua) .....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>21</b>
3.1. MATERIALES .....	21
3.1.1. Población y Muestra .....	21

3.1.2.	Hidrografía del río Piura.....	22
3.1.3.	Información recopilada.....	23
3.2.	MÉTODOS.....	26
3.2.1.	Identificación de la zona antrópica.....	27
3.2.2.	Identificación de variables.....	29
3.2.3.	Aplicación de metodologías de la gestión de recursos hídricos.....	31
3.2.4.	Aplicación de metodologías del ordenamiento territorial.....	33
3.2.5.	Aplicación de metodologías de SIG.....	35
3.2.6.	Desarrollo de indicadores.....	41
3.2.7.	Calibración de resultados.....	50
3.2.8.	Validación del modelo GOTA.....	52
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>54</b>
4.1.	ZONA ANTRÓPICA.....	54
4.2.	SUB MODELOS Y MAPA FINAL.....	55
4.2.1.	Sub modelo recurso.....	55
4.2.2.	Sub modelo acceso.....	57
4.2.3.	Sub modelo capacidad.....	59
4.2.4.	Sub modelo uso.....	61
4.2.5.	Sub modelo ambiente.....	63
4.2.6.	Sub modelo calidad.....	64
4.2.7.	Mapa final.....	66
4.3.	RANKING DISTRITAL.....	68
4.4.	DISTRITO PILOTO.....	70

4.4.1. Sub modelos distrito Buenos Aires.....	71
4.5. VALIDACIÓN MODELO GOTA.....	79
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>83</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>85</b>

### ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1: RADIOS DE INFLUENCIA DE LOS CENTROS POBLADOS POR CATEGORÍA.....	28
CUADRO 2: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO RECURSO .....	33
CUADRO 3: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO CAPACIDAD.....	34
CUADRO 4: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO AMBIENTE .....	35
CUADRO 5: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO ACCESO .....	37
CUADRO 6: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO USO.....	38
CUADRO 7: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELO CALIDAD .....	39
CUADRO 8: PESOS DE PARTICIPACIÓN SUB MODELOS GOTA .....	41
CUADRO 9: RANKING DISTRITAL DE VULNERABILIDAD A LA INSEGURIDAD HÍDRICA .....	69
CUADRO 10: MATRIZ FODA DISTRITO DE BUENOS AIRES.....	78

## **ÍNDICE DE ECUACIONES**

ECUACIÓN 1: SUB MODELO RECURSO .....	32
ECUACIÓN 2: SUB MODELO CAPACIDAD.....	33
ECUACIÓN 3: SUB MODELO AMBIENTE.....	35
ECUACIÓN 4: SUB MODELO ACCESO .....	37
ECUACIÓN 5: SUB MODELO USO.....	38
ECUACIÓN 6: SUB MODELOS CALIDAD.....	39
ECUACIÓN 7: MODELO GOTA.....	40

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

FIGURA 1: LOS CUATRO NIVELES DE GESTIÓN DEL AGUA Y SUS ORGANIZACIONES RELEVANTES ....	6
FIGURA 2: TÉCNICA DE SUPERPOSICIÓN DE DATOS.....	14
FIGURA 3: COMPARATIVA DE PELIGROSIDAD-VULNERABILIDAD-RIESGO .....	17
FIGURA 4: NIVELES DE LA GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO.....	19
FIGURA 5: MAPA BASE DE ESTUDIO .....	21
FIGURA 6: ESQUEMA GENERAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN .....	26
FIGURA 7: DISTRIBUCIÓN DE LOS CENTROS POBLADOS EN LOS DISTRITOS.....	27
FIGURA 8: CALIBRACIÓN DE LA ZONA ANTRÓPICA CON USO ACTUAL DE SUELO .....	28
FIGURA 9: ESQUEMA SUB MODELO RECURSO .....	32
FIGURA 10: ESQUEMA SUB MODELO CAPACIDAD .....	33

FIGURA 11: ESQUEMA SUB MODELO AMBIENTE .....	34
FIGURA 12: ESQUEMA SUB MODELO ACCESO .....	36
FIGURA 13: ESQUEMA SUB MODELO USO .....	37
FIGURA 14: ESQUEMA SUB MODELO CALIDAD .....	38
FIGURA 15: ESQUEMA MODELO GOTA.....	40
FIGURA 16: IMAGEN SATELITAL DEL DISTRITO DE BUENOS AIRES .....	51
FIGURA 17: UBICACIÓN DEL TALLER PARTICIPATIVO DE BUENOS AIRES.....	53
FIGURA 18: ZONA ANTRÓPICA A NIVEL DISTRITAL DE LA CUENCA DEL RÍO PIURA .....	54
FIGURA 19: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR DISPONIBILIDAD .....	56
FIGURA 20: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR ACCESIBILIDAD .....	58
FIGURA 21: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR COMPETITIVIDAD .....	60
FIGURA 22: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR MANEJABILIDAD .....	61
FIGURA 23: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR ADAPTABILIDAD .....	63
FIGURA 24: MAPA VULNERABILIDAD DE LA CUENCA PIURA POR SALUBRIDAD .....	65
FIGURA 25: VULNERABILIDAD A LA INSEGURIDAD HÍDRICA DE LA CUENCA PIURA.....	67
FIGURA 26: DISTRITO PILOTO DE ANÁLISIS “BUENOS AIRES” .....	70
FIGURA 27: SUB MODELOS DEL DISTRITO DE BUENOS AIRES .....	71

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación permitió desarrollar una metodología denominada modelo GOTA (Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua), para determinar las zonas de mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica en una cuenca hidrográfica, con un ejemplo de desarrollo y aplicación en la cuenca del Río Piura. El trabajo consta de 4 etapas, que son: la recopilación y acondicionamiento de información, el diseño y aplicación del modelo, la calibración y validación en campo, y el análisis de los resultados finales.

La información utilizada se obtuvo de dos principales fuentes, el diagnóstico final de la cuenca Chira-Piura del Programa Modernización (PMGRH) de la ANA; y la ZEE de la dirección regional de recursos naturales del gobierno regional de Piura. Para el diseño del modelo se utilizó el Índice de Pobreza Hídrica (IPH), que fue modificado y adaptado a las condiciones y características de las cuencas hidrográficas del Perú. El modelo consta de 30 indicadores divididos en 6 Sub modelos de análisis, que son: recurso, acceso, capacidad, uso, ambiente y calidad; y el mapa final integrado. La calibración y validación en campo se realizó para el distrito piloto de Buenos Aires donde se realizó un taller participativo con las autoridades distritales y comunales para concientizarlas sobre los problemas en torno al recurso hídrico.

Finalmente, se hizo un análisis general sobre la situación a nivel de cuenca hidrográfica, y muy detallado a nivel local del distrito de Buenos Aires. A nivel de cuenca, se determinó la zona con mayor vulnerabilidad ubicada en la parte central del Alto Piura, y zonas del Bajo Piura, en la provincia de Sechura. El distrito con mayor vulnerabilidad corresponde a Rinconada Llicuar y el de menor grado de vulnerabilidad, al de Piura. A nivel local, en el distrito de Buenos Aires, se obtuvo un diagnóstico detallado de cada indicador y una matriz FODA. El modelo GOTA sirve como una herramienta base para ayudar a una gestión integrada y participativa del recurso hídrico a través de la difusión, capacitación y concientización de la situación actual a los usuarios y autoridades pertinentes.

Palabras Claves: seguridad hídrica, vulnerabilidad, modelo GOTA, gestión integrada, recurso hídrico, ordenamiento territorial, población, cuenca Piura, distrito Buenos Aires.

## SUMMARY

This research allowed to develop a methodology called model GOTA (Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua), to identify areas most vulnerable to water insecurity in a watershed, with an example of development and application in Piura river. The work consists of 4 stages, which are: the collection and packaging of information, design and application of the model, calibration and field validation, and analysis of final results.

The information used was obtained from two main sources, the final diagnosis of the Chira - Piura Modernization Program (PMGRH) of the ANA basin; and the ZEE for regional management of natural resources of the regional government of Piura. To design the model the Water Poverty Index (IPH), which was modified and adapted to the conditions and characteristics of watersheds of Peru was used. The model consists of 30 indicators divided into 6 Sub analysis models, which are: resources, access, capacity, use, environment and quality; and the final map integrated. Calibration and field validation was performed for the pilot district of Buenos Aires where a participatory workshop with district and communal authorities to get conscious about the problems around water resources was made.

Finally, there was a very detailed local district of Buenos Aires general analysis of the situation at river basin level. At basin level, the most vulnerable area located in the central part of the Alto Piura, and areas of Bajo Piura, in the province of Sechura was determined. The district most vulnerable corresponds to Rinconada Llicuar and the lowest degree of vulnerability to Piura. Locally, in the district of Buenos Aires, a detailed analysis of each indicator and diagnostic FODA matrix it was obtained. The GOTA model serves as a base tool to help integrated and participatory management of water resources through dissemination, training and awareness of the current situation to users and relevant authorities.

Keywords: water security, vulnerability, GOTA model, integrated management, water resources, land use, population, Piura basin district Buenos Aires.

## I. INTRODUCCIÓN

La inseguridad hídrica es un problema a nivel mundial que junto al cambio climático deben ser prioridad en la visión para el desarrollo sostenible de toda una nación. El Perú es un país en el cual, el recurso hídrico presenta una disponibilidad espacial y temporal bastante diferenciada. Esta situación se repite a nivel nacional, regional y local. La cuenca del río Piura es un claro ejemplo de la situación crítica por la que están pasando las cuencas del Pacífico, donde no solamente existen diferencias en cuanto a la disponibilidad del recurso hídrico, sino que también, se presentan problemas con respecto a la cobertura de acceso a los servicios básicos, la población carece de adecuados niveles de competitividad en la producción, no existe un uso eficiente y sustentable de los recursos naturales, los centros poblados no se asientan ni desarrollan sus actividades de forma armoniosa y sostenible con el medio ambiente y, la calidad del recurso hídrico no es adecuadamente monitoreada. Las situaciones descritas líneas arriba no siempre han caracterizado a la gestión del recurso hídrico en el Perú; civilizaciones antiguas, como la civilización incaica, lograron un dominio integral de los recursos naturales, que eran considerados como elementos divinos.

“En los países en vías de desarrollo, la crisis del agua es a menudo una crisis de gobernabilidad” (La Haya, 2000). En el Perú, la gestión del agua no ha sido ordenadamente administrada y aplicada por los gobiernos pasados, a través de proyectos fundamentados en un análisis multisectorial, integrando todos los factores relacionados con el agua y la población. Asimismo, los usuarios han ido dejando de lado, “olvidando”, las buenas costumbres de la población alto andina que consistían en una gestión del agua colectiva y participativa; en otras palabras, las autoridades se han limitado a promocionar la demagogia de políticas hídricas y generar un ambiente de paternalismo hacia los más necesitados. Por otro lado, las personas han ido perdiendo sus valores de respetar los recursos naturales (en zonas urbanas y periurbanas), y hacer respetar sus derechos humanos (en zonas rurales y poblaciones dispersas).

La Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH) es un concepto relativamente nuevo en el Perú que se viene tratando de aplicar a nivel de cuencas hidrográficas a partir de la creación de la Autoridad Nacional del Agua (ANA), en el 2008. Esta institución es considerada como la más importante en la gestión del agua en el Perú. Las principales funciones de la ANA son:

administrar y vigilar las fuentes naturales de agua, autorizar los volúmenes de agua que utilizan y/o distribuyen las empresas prestadoras de servicios de agua (EPS y Junta de Regantes), evaluar los instrumentos técnicos – normativos ambientales, otorgar derechos de uso y reuso del agua y vertimientos, autorizar obras en fuentes naturales de agua y conducir el Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos (SNGRH). El proyecto más importante de la ANA vinculado a la gestión del agua es el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH). Este programa tiene como objetivo principal establecer y aplicar verdaderamente el concepto de GIRH en las cuencas hidrográficas del Perú, comenzando con 8 cuencas piloto del Pacífico consideradas las de mayor impacto económico por sus actividades agrarias (entre ellas la cuenca del río Piura).

Entonces, ¿Por qué hay problemas de pérdida y escasez de agua?, ¿Por qué hay problemas de salinización y degradación de suelos?, ¿Por qué hay problemas de mal manejo de cultivos?, ¿Por qué hay problemas en la organización de los usuarios?, ¿Qué falta para que estas metodologías de gestión generen resultados? Estas son algunas de las preguntas más frecuentes, que la población suele hacerse cuando se hablan de temas relacionados al agua.

El objetivo de este trabajo de investigación es diseñar una herramienta básica y práctica que integre las variables más importantes involucradas en la gestión del agua, a fin de tener una visión espacial a nivel general y detallado del problema para ser transmitida hacia toda la población. Para realizar lo mencionado, se unirán dos grandes disciplinas de especialización en ingeniería agrícola, que son: la gestión de recursos hídricos, basada en el ciclo hidrológico, y el ordenamiento territorial, basado en la Zonificación Ecológica – Económica (ZEE); de forma resumida Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua (GOTA). La metodología guía será en un inicio la del Índice de Pobreza Hídrica (IPH), que será modificada y adaptada a los conceptos de gestión del agua en el Perú, desarrollados en el PMGRH.

## **OBJETIVOS**

### **1.1. OBJETIVO PRINCIPAL**

- Diseñar un modelo geoespacial - integrado GOTA (Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua), para determinar las zonas con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica en la cuenca del río Piura, basado en la metodología del Índice de Pobreza Hídrica (IPH), adaptado a las condiciones de las cuencas en el Perú, y validado en campo como herramienta base para la gestión multisectorial del agua en el distrito Buenos Aires.

### **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los indicadores multisectoriales más importantes en la GIRH y de mayor influencia en la vulnerabilidad a la inseguridad hídrica. Verificando su determinación, categorización temática cuantitativa y cualitativa, y representación digital; trabajados por el PMGRH.
- Establecer procedimientos para determinar la influencia y clasificación de los indicadores, basado en criterios personales, de especialistas para cada sector de análisis y en estudios de instituciones reconocidas a nivel mundial (OMS, OMM, PNUD, entre otros).
- Validar el modelo GOTA como una herramienta práctica, representativa y de fácil comprensión para la población, a través de talleres de comunicación en campo con representantes de los usuarios y representantes de instituciones públicas.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1.1. Problemática de la escasez del agua a nivel mundial

La seguridad humana es un concepto complejo que involucra una diversidad de componentes físicos, económicos, sociales, ambientales y políticos que condicionan y caracterizan un grupo de personas delimitadas por un territorio. Está conformada por otras seguridades como la seguridad hídrica, la seguridad energética, la seguridad alimentaria, etc.; cuya finalidad es proteger y conservar el bienestar en la población frente a los hechos impredecibles que perturban vidas y medios de sustentos. Sin embargo, pocos recursos tienen una influencia más importante que el agua en la seguridad humana. Su disponibilidad como recurso productivo es de vital importancia para el desarrollo sostenible de una nación.

Las percepciones relativas a la seguridad hídrica están muy relacionadas a la disponibilidad con la que se presenta este recurso. La escasez de agua es percibida ampliamente como la gran característica definitoria de la inseguridad de agua. Las preocupaciones sobre el hecho que para el año 2050, en muchas partes del mundo se acabará el agua, se pueden observar con una frecuencia cada vez mayor. Pero, la escasez resulta un factor tanto engañoso como restrictivo al analizar de forma multisectorial la inseguridad hídrica. “Es engañoso, porque mucho de lo que parece ser escasez es una consecuencia inducida por políticas de la inadecuada gestión de los recursos hídricos y porque, la disponibilidad física de agua es solo uno de sus componentes” (PNUD, 2006).

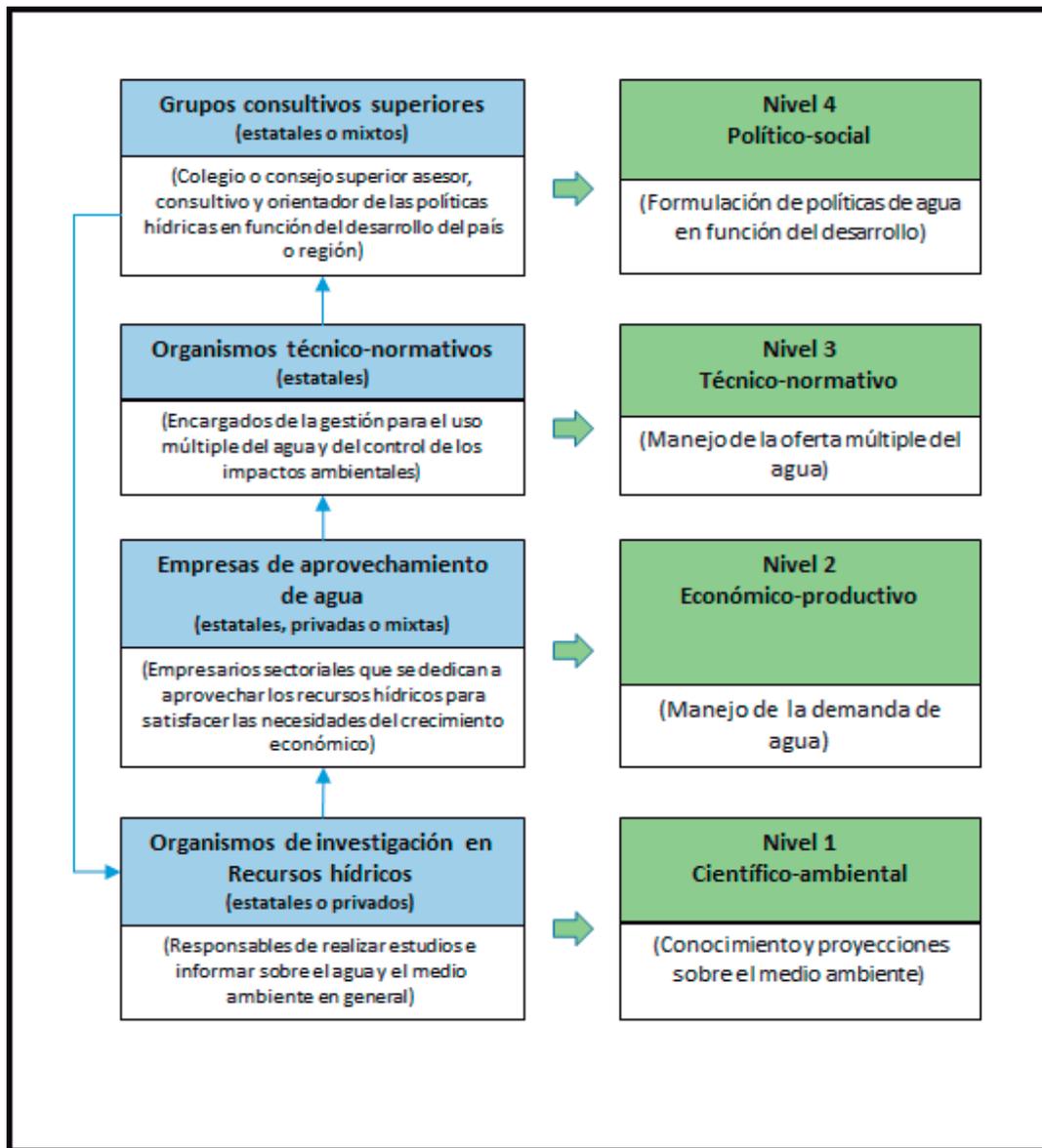
Existe una gran similitud entre la visión apocalíptica de Thomas Maltus sobre una crisis alimenticia a nivel mundial y la escasez de agua en un futuro no muy lejano. Esto se debe a que la producción de alimentos depende principalmente de la cantidad que se disponga del recurso hídrico. La Comisión Mundial del Agua (CMA) ha identificado “la sombra aritmética del agua” que se puede entender como una relación inversamente proporcional donde el recurso hídrico es cada vez más escaso, mientras que la demanda multisectorial sigue aumentando.

La insuficiencia del recurso hídrico es una de las principales características de la seguridad de agua en varios países. Pero como se mencionó anteriormente la escasez absoluta es la excepción, no la regla. La mayoría de países tiene suficiente agua para satisfacer su demanda multisectorial, así como existen países que tienen una fuerte escasez y no presentan mayores problemas para sus necesidades hídricas. El problema es la gestión. El concepto erróneo que el agua es un recurso infinito ha conducido de manera inadecuada las políticas y metodologías para su uso y aprovechamiento. Es decir, en muchos lugares, “la escasez es un resultado inducido por políticas que surge del resultado predecible de una demanda inagotable que persigue un recurso subvaluado” (PNUD, 2006).

Más allá de la escasez, la seguridad hídrica engloba un conjunto de condiciones que determinan la vulnerabilidad a presentar la necesidad de este recurso. El manejo adecuado del agua ha determinado el progreso en muchas sociedades. Contemplar todos los aspectos involucrados con el recurso hídrico es crucial para el bienestar humano. Y más aún, incorporar el problema del cambio climático como principal catalizador de la escasez del agua en todo el mundo sin excepción. “Los países desarrollados sentirán el impacto del cambio en el régimen de lluvias, las condiciones climáticas extremas y el incremento del nivel del mar. Pero los países en desarrollo y la población pobre de esos países, no cuentan con los recursos económicos de los que disponen los países desarrollados para reducir el riesgo en los niveles requeridos” (PNUD, 2006).

### 2.1.2. Gestión del agua en América Latina

Los procesos de gestión para un manejo integral del agua, aplicados en un determinado ámbito o unidad territorial, pueden catalogarse según sus niveles, los que son determinados por el propósito que guía la intervención de los gestores en ese territorio. Unos están interesados en conocer cómo funciona o cómo se comporta el sistema natural, otros en extraer recursos o disponer de desechos, otros en garantizar el manejo integrado de los recursos y el control de los fenómenos naturales extremos y, por último, otros en orientar los procesos de utilización de los recursos naturales y el ambiente en general para satisfacer las necesidades del desarrollo (Dourojeanni, 1991).



**Figura 1: Los cuatro niveles de gestión del agua y sus organizaciones relevantes**

Fuente: Dourojeanni (1991).

“La complejidad del proceso de gestión del agua en los países de América Latina y el Caribe, presenta justificaciones bastante comunes que se comparten” (Dourojeanni, 1991):

- Es un proceso destinado a controlar el ciclo de un recurso natural cuya presencia es errática e irregular en el tiempo y en la superficie terrestre. Además, es vulnerable al trato que se le dé, ya que se puede contaminar fácilmente, alterándose así todos sus usos posteriores, actuales o potenciales.
- Es un proceso que busca solucionar conflictos entre múltiples usuarios que, queriéndolo o no, depende de un recurso compartido. Por ello, aunque pueden contar con concesiones o derechos de uso, no dejan de afectarse mutuamente y de ser independiente. La oferta proviene usualmente, de un sistema común, y a él se vuelven a integrar los excedentes de uso y los efluentes. Las aguas superficiales, subterráneas y atmosféricas, así como las zonas de evacuación, forman así una sola unidad.
- Dentro de este proceso, las acciones que se realicen tienen enormes repercusiones sobre la salud humana, el medio ambiente y la producción, por lo que deben ser abordadas en forma altamente técnica. El elevado costo de las obras, así como el largo tiempo de maduración de los proyectos hidráulicos, hacen aún más necesario que el sistema de gestión esté a cargo de expertos cuya permanencia no dependa de los cambios políticos.
- El proceso de gestión del agua requiere que muchos agentes actúen en forma coordinada, a pesar de, su diversidad de criterios y el hecho que algunos de ellos desconocen los efectos de sus decisiones sobre el ciclo hidrológico. De ahí la importancia de disponer de mecanismos estables de coordinación y, por lo menos, de un centro de autoridad de cuenca permanente.

### 2.1.3. Gestión del agua en el Perú

En el Perú, cada año es más complicado formular e implementar proyectos destinados para el desarrollo de la población, donde se busque aprovechar los recursos naturales, sin que estos generen conflictos y movilizaciones sociales. La necesidad de organizar e institucionalizar una participación activa de los usuarios, durante todo el proceso de gestión, es cada vez mayor.

“En gran medida, esto se explica por los múltiples cambios (de carácter legal, institucional, administrativo y económico) impulsados por el gobierno, con motivo de la

regionalización, la descentralización y el fomento de la iniciativa privada en el aprovechamiento de los recursos naturales” (PMGRH, 2012). Cambios que no han sido debidamente acompañados de modificaciones y adaptaciones necesarias al marco legal vigente sobre la gestión del agua, originando incoherencias e incompatibilidades en las políticas de gestión. La gestión sectorial del recurso hídrico, promovida por leyes e instituciones específicas, ha predominado en el Perú por sobre una gestión multisectorial y articulada, que optimizaría el aprovechamiento incluso en zonas de limitada oferta como la costa.

Según el PMGRH (2012) de la ANA, existen una serie de causas y consecuencias que obstaculizan el correcto desarrollo de la gestión del agua:

a) Causas principales

- Subdivisión de la cuenca en más de un territorio regional, con distintas entidades ejerciendo una función fragmentada e ineficaz, por la imprecisión de los deberes, derechos y obligaciones en el manejo, preservación y aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca.
- La falta de planes integrales de desarrollo a nivel de cuenca de gestión y la imprecisión en las prioridades políticas de inversión nacional, impiden definir planes de acción dentro de las cuencas, en armonía y paz social.
- La insuficiencia de programas de prevención de desastres (Inundaciones y sequías), como consecuencia de ocupación y usos indebidos del territorio y por fenómenos de la naturaleza.
- Las incoherencias e incompatibilidades en la legislación vigente y la falta de normatividad transectorial de gestión, dispersan y debilitan a la autoridad de agua, propiciando actos irrespetuosos en contra de la ley y la institucionalidad establecida.
- La población tiene una cultura incipiente respecto a la importancia de cuidar y dar buen uso al agua, en general, desconocen sus deberes, derechos y obligaciones en la GIRH y se involucran o aportan poco en él.

b) Consecuencias principales

- Una acentuada falta de respeto a la ley, a la institucionalidad y a la autoridad formalmente establecida.
- La proliferación de conflictos interregionales, intersectoriales y entre usuarios.
- Degradación de los recursos naturales de las cuencas como salinidad y mal drenaje de los suelos, contaminación química y bacteriológica de las aguas por contaminación agroquímica difusa, desagües urbano-industriales sin tratamiento previo y vertimientos procedentes de relaves de minas abandonadas (Pasivos ambientales).
- Uso ineficiente del agua, siendo especialmente importantes los sectores: Agricultura y urbano-poblacional, por ser los dos mayores consumidores del recurso.
- Presupuestos de gestión desfinanciados por parte de los usuarios agrícolas (tarifas bajas y alta morosidad en el pago), del sector urbano-poblacional e industrial quienes renuncian a toda forma de pago y de parte del estado, con aportes cada vez menores.
- Reducción prematura de la vida útil de los embalses por sedimentación muy superior al calculado para fines de diseño, debido a la ocurrencia de eventos extraordinarios como El Niño y por causas antropogénicas.
- Deficiente estado de conservación de la infraestructura, por deficiente gestión y problemas financieros.
- Incumplimiento de las metas e insatisfacción por los beneficios alcanzados.

2.1.4. Gobernanza en la cuenca del río Piura

Como se mencionó anteriormente, los problemas relacionados con el agua, en muchos casos son consecuencia directa de una baja capacidad de gobernabilidad del recurso hídrico disponible en un territorio político. El departamento de Piura, no es la excepción de este caso. Las poco acertadas decisiones tomadas a lo largo de los años por algunas autoridades pasadas, sumado a los dos últimos fenómenos de El Niño de 1983 (categoría fuerte) y 1998 (categoría extraordinario), han dificultado y ralentizado el desarrollo progresivo que debería tener toda la región, incluyendo su capital.

“Es indiscutible, que la zozobra y pánico que embarga a la población cada vez que se aproximan años del fenómeno El Niño, se deba a que las personas aún tienen presente los recuerdos del desastre producido en los años 1983 y 1998; y dudan de la capacidad actual de las obras realizadas, ante un fenómeno mayor al del año 1998” (Jibaja, 2012). Más aun, cuando profesionales que brindan consultoría, concluyen que los planes estratégicos para la prevención son incompletos y no atacan el problema de raíz.

La falta de comunicación y sinergia en el trabajo, de instituciones públicas y privadas como CORPIURA (hoy Gobierno Regional de Piura), Proyecto Especial Chira – Piura (PECHP), Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura (PEIHAP), Instituto Nacional de Desarrollo (INADE), CTAR – PIURA (hoy Gobierno Regional de Piura), Universidad Nacional de Piura, Universidad de Piura (UDEP), Municipalidad Provincial de Piura (MPP), entre otros; generó un ambiente de inestabilidad y conflicto político, obstaculizando el desarrollo de la Región.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. Índice de Pobreza Hídrica (IPH)**

El Índice de Pobreza Hídrica (IPH) fue desarrollado por el CEH (Centre for Ecology and Hydrology), en Wallingford, Reino Unido (2002), y combina 5 componentes: recurso, acceso, capacidad, uso y ambiente, para expresar la disponibilidad y grado de escasez del agua, a partir de un análisis interdisciplinario. El IPH ha sido aplicado a diferentes escalas espaciales: mundial, nacional, regional y local; con ejemplos específicos como en Benín (África) y América latina en Colombia (Jiménez, 2007), México (López, et al, 2013), Chile (Parga, et al, 2005), Argentina (Abraham, et al, 2005) y Brasil (Ramos, 2010). La última escala es la que exige una discriminación más detallada de análisis, debido a la alta variabilidad espacial encontrada en los diferentes tipos de cuencas hidrográficas y la información que no es accesible para todos.

El IPH desarrollado a nivel internacional encuentra que algunas de las naciones más ricas del mundo, como los Estados Unidos y Japón, no se sitúan entre los primeros puestos en

el Ranking del agua, mientras que algunos países en desarrollo están entre los diez mejores. El IPH asigna un valor de 20 puntos como la mejor calificación para cada una de sus cinco categorías. Un país que alcanza los criterios en las cinco categorías tendría una puntuación de 100. Según el Índice, los 10 países más ricos en agua del mundo son, en orden descendente: Finlandia (78 puntos), Canadá, Islandia, Noruega, Guyana, Surinam, Austria, Irlanda, Suecia y Suiza. Los 10 países situados últimos en la clasificación del Índice de la Pobreza del Agua están todos en el mundo en desarrollo: Níger, Etiopía, Eritrea, Malawi, Djibouti, Chad, Benín, Ruanda, y Burundi, Haití (35 puntos).

"Los nexos entre pobreza, privación social, integridad ambiental, disponibilidad del agua y salud, se distinguen claramente en el IPH, permitiendo a los hacedores de políticas y a los grupos interesados, identificar dónde existen problemas y las medidas apropiadas para encarar sus causas" (Sullivan, 2002). El nuevo índice demuestra la fuerte relación entre la pobreza del agua y la pobreza del ingreso. Esta relación fue uno de los temas principales del tercer foro mundial del agua en Kyoto (Japón) en marzo del 2003, donde unos 10.000 funcionarios gubernamentales, representantes de organizaciones internacionales y no gubernamentales y expertos en agua, discutieron la crisis mundial del agua y sus soluciones.

Al pensar en los pobres y vulnerables, hay una tendencia general a pensar en ellos como personas desprotegida y cuya única solución es la asistencia (paternalismo). "La realidad es que la gente marginal está motivada para ayudarse a sí misma. Estas personas sufren frecuentemente limitaciones impuestas por la sociedad. En cada caso, deberían ser considerados como un recurso a ser involucrado en la planificación e implementación de soluciones para los problemas relacionados al agua, sean estos de acceso al agua potable o de adaptación a inundaciones y sequías." (Sullivan, 2002).

#### 2.2.2. Zonificación Ecológica Económica (ZEE)

“La zonificación es un proceso de sectorización de un territorio en unidades espaciales relativamente homogéneas de acuerdo al criterio que se utilice. Estos criterios pueden variar,

de acuerdo a los propósitos de la zonificación, y generalmente están relacionados a factores biofísicos, sociales, económicos, culturales, políticos o administrativos” (Rodríguez, 2007). La FAO desarrolló, en 1976, un proyecto de zonificación con el propósito de estimar el potencial de producción de alimentos en el mundo sobre la base de once cultivos estratégicos. Las variables utilizadas han sido principalmente de tipo edafo-climáticas. Posteriormente, esta misma metodología de zonificación agroecológica ha sido aplicada en otros países del mundo, como Kenya, Nigeria, Mozambique, Bangladesh y China.

En el Perú también se han desarrollado proyectos de zonificación con diversos criterios de sectorización:

- Los planes directores de las principales ciudades, elaboradas por INADUR (Instituto Nacional de Desarrollo Urbano), desde la década del 70’, incluyen la zonificación del suelo con propósitos de desarrollo urbano.
- El Mapa de Capacidad de Uso Mayor de la Tierra, elaborado por la Ex-ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales) en 1981, es una forma de realizar la zonificación con el propósito de identificar áreas para el desarrollo agropecuario y forestal, incluyendo áreas destinadas a la protección ecológica.
- El Mapa Ecológico del Perú, elaborado también por la Ex-ONERN en 1976, zonifica el territorio nacional en función de los factores principales del clima y la vegetación, utilizando el Sistema de Holdridge. Identifica 84 Zonas de Vida (de las 103 a nivel planeta) y 17 formaciones transicionales.
- El Mapa Geológico, elaborado por INGEMMET en 1994, versión digital, zonifica el territorio nacional en función de las características geológicas.
- El Mapa Forestal, elaborado por INRENA (Instituto Nacional de Recursos Naturales) en 1996, zonifica el territorio sobre la base de parámetros que están directamente relacionados con la vegetación, tales como su fisonomía, su composición florística, la condición de humedad del suelo (expresión del clima) y la fisiografía del terreno.
- El Mapa de la Pobreza, elaborado por FONCODES (Fondo Nacional de Compensación y Desarrollo Social) en 1995, zonifica el territorio utilizando once indicadores socioeconómicos, entre ellos Tasa de Mortalidad Infantil, Desnutrición Crónica,

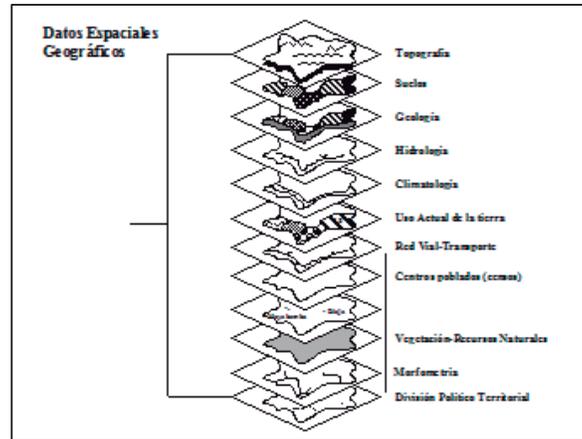
Analfabetismo, Inasistencia escolar, niños que trabajan, hacinamiento, vivienda sin servicios básicos.

Sin embargo, desde la nueva perspectiva de un desarrollo sostenible, la zonificación debe ir más allá de los límites considerados inicialmente en este proceso. Una visión sectorial para una actividad en específico puede generar un resultado parcial del verdadero uso que debería tener el suelo. Por ello la zonificación debe integrar todas las variables físicas, económicas sociales, ambientales y políticas; estableciendo una concepción holística y sistemática de la realidad.

Es así que para abordar este concepto holístico, se desarrolla el concepto de Zonificación Ecológica Económica (ZEE), como un instrumento de ordenamiento territorial, de carácter dinámico, que permite en una región un arreglo espacial de unidades relativamente uniformes, para evaluar el potencial de uso de suelo de manera sostenible de acuerdo a sus limitaciones y capacidades. En el Perú, se incorporó la ZEE como herramienta bajo DS No 087-2004-PCM, aprobado el 23 de diciembre del 2004, cuya finalidad es orientar la toma de decisiones sobre los mejores usos del territorio, considerando las necesidades de la población que la habita y en armonía con el ambiente.

### 2.2.3. Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Es un conjunto de herramientas empleadas en la recopilación, selección, automatización, recuperación, análisis de datos numéricos y gráficos y, su aplicación de los mismos en modelos lógicos, ponderativos y descriptivos por medio de superposición de mapas, medición de distancias y localización de áreas de influencias.



**Figura 2: Técnica de superposición de datos**

Entre las técnicas de modelamiento geoespacial más utilizadas, se pueden mencionar al análisis de proximidad (buffers e interpolación) y la superposición cartográfica.

La herramienta buffer es ampliamente utilizada para delimitar a grandes rasgos, las áreas de influencia de puntos de muestreo, infraestructura de servicios, límites de acceso, entre otros. Si bien, la herramienta genera una distancia euclidiana desde el centro hasta una distancia determinada, aislando los posibles obstáculos que existan en el camino en modelamientos a nivel macro y meso, no son tan relevantes estas situaciones.

La superposición cartográfica o cruzamiento de mapas es una de las técnicas más poderosas en el modelamiento espacial. Esta permite identificar y representar la combinación de las características que describen a alguna porción del suelo delimitado por un polígono. Sin embargo, la importancia es mayor cuando los datos productos de la superposición permiten monitorear cambios a lo largo del tiempo, de tal manera que sea posible definir tasas de cambio de procesos o fenómenos de carácter geográfico como es el caso del cambio climático y el fenómeno de El Niño.

Existen tres categorías básicas de análisis espacial que son: los puntos, los polígonos y las redes. El modelamiento espacial vectorial de estos elementos es la base del modelo GOTA y su correcto desarrollo determinara el grado de precisión en los resultados a obtener. Cada categoría básica, según la realidad que represente, será trabajada bajo distintos criterios que se

han obtenido de especialistas e instituciones, y tras una serie de pruebas de modelamiento geoespacial calibrado con información real, hasta obtener el mejor resultado.

## **2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS**

### **2.3.1. Peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo**

Según el Sistema Nacional de Defensa Civil – SINADECI, se define como:

#### **a) Peligro**

La probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre, potencialmente dañino, para un período específico y una localidad o zona conocidas. Se identifica, en la mayoría de los casos, con el apoyo de la ciencia y tecnología.

#### **b) Vulnerabilidad**

Grado de resistencia y/o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro. Puede ser: física, social, económica, cultural, institucional y otros.

#### **c) Damnificado**

Persona afectada, parcial o íntegramente por una emergencia o desastre y, que ha sufrido daño o perjuicio a su salud o sus bienes, en cuyo caso, generalmente ha quedado sin alojamiento o vivienda en forma total o parcial, permanente o temporalmente, por lo que recibe refugio y ayuda humanitaria temporales. No tiene capacidad propia para recuperar el estado de sus bienes y patrimonio.

#### **d) Afectado**

Persona, animal, territorio o infraestructura que sufre perturbación en su ambiente por efectos de un fenómeno de origen natural o inducido por el hombre. Puede requerir de apoyo

inmediato para eliminar o reducir las causas de la perturbación para la continuación de la actividad normal.

e) Riesgo

Es la estimación o evaluación matemática de probables pérdidas de vidas, de daños a los bienes materiales, a la propiedad y la economía, para un periodo específico y un área conocida. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

f) Elementos en riesgo

La población, las viviendas, las obras de ingeniería, actividades económicas y sociales, los servicios públicos e infraestructura en general, con grado de vulnerabilidad.

Así, la peligrosidad cuantifica o califica al evento, al fenómeno natural y a su capacidad destructiva. La vulnerabilidad cuantifica o califica la valoración del territorio y junto a la exposición de bienes y personas proporciona el valor potencial de la pérdida. El cruce con la peligrosidad produce los daños o afecciones que es la forma de cuantificar el riesgo.

En la figura 3, se puede ver una avenida (lado izquierdo) de peligrosidad alta por su gran capacidad destructiva (gran velocidad del agua y carga de sedimentos) que fluye en un ámbito de vulnerabilidad baja (corredor de ribera) y produce un riesgo moderado. Mientras que, al lado derecho, se observa un desbordamiento de peligro moderado, ya que el tirante de agua es pequeño y la velocidad del agua, baja, pero inunda una zona urbana de alta vulnerabilidad produciendo un riesgo alto.



**Figura 3: Comparativa de Peligrosidad-Vulnerabilidad-Riesgo**

Fuente: PMGRH (2012)

### 2.3.2. Seguridad Hídrica

En los últimos años, para definir el objetivo estratégico que debieran alcanzar los países en relación con la gestión de los recursos hídricos, se ha incorporado crecientemente el concepto de seguridad hídrica, el cual ha sido incluido en numerosas declaraciones y acuerdos internacionales, en especial a partir del año 2000.

“La seguridad hídrica es un concepto relativamente nuevo, cuya definición concreta aún sigue siendo buscada por muchos instituciones, investigadores y profesionales que trabajan en temas hídricos” (Peña, 2016). Sin embargo, se puede observar aspectos comunes compartidos por los diversos autores. Todos ellos describen la seguridad hídrica como una capacidad en la población y sus autoridades, para mantener el equilibrio entre el bienestar de las personas y el aprovechamiento sustentable y sostenible del recurso hídrico.

En este trabajo, se ha optado por definir el concepto de inseguridad hídrica como primer paso para entender la seguridad hídrica. La inseguridad hídrica es “un problema antrópico de incertidumbre en el bienestar multisectorial de la población, acelerado por el cambio climático”. Este bienestar consiste en satisfacer 6 necesidades principales involucradas con el agua, que son: disponibilidad del recurso hídrico, accesibilidad a los servicios para el desarrollo

de la población, competitividad productiva, manejabilidad sustentable, adaptabilidad sostenible con el ambiente y, salubridad del recurso y sus servicios.

### 2.3.3. Gestión Integrada del Recurso Hídrico (GIRH)

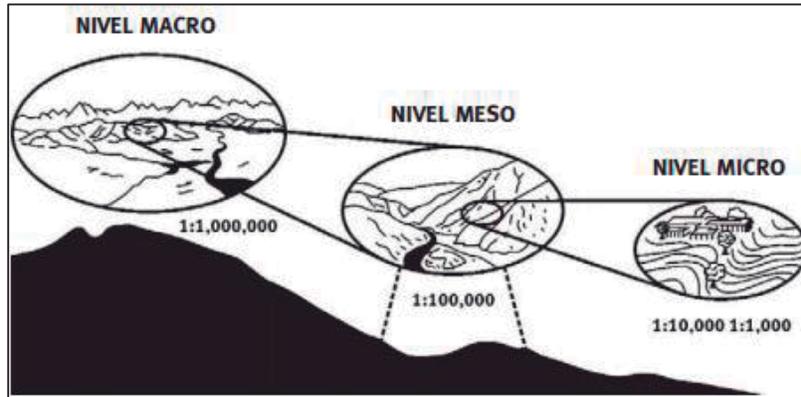
“La GIRH es el proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del uso y aprovechamiento multisectorial del agua con los recursos naturales vinculados a nivel de cuenca hidrográfica, orientado a lograr un desarrollo sustentable y sostenible” (PMGRH, 2013).

Es el proceso que promueve o busca lograr un manejo y un desarrollo coordinado del agua y tierra y demás recursos naturales relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social, económico y político resultante de manera equitativa sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales.

“Esta gestión debe estar acompañada de la evaluación y monitoreo de indicadores específicos que presenten variaciones por la influencia de agentes externos como lo es el cambio climático. A partir de la modificación de estos y su comparación temporal se podría llegar a grandes diagnósticos proyectados a futuro” (Vásquez, 2015).

Los actores principales de este proceso se pueden dividir en 4 grandes grupos:

- Usuarios: Agropecuarios, industriales, poblacional, minería, turismo, comercio, energía, entre otros.
- Reguladores: AAA, SUNASS, ALA.
- Operadores: SEDAPAL, EDEGEL, EPS GRAU, entre otros.
- Normativos: ANA, AAA, Ministerios sectoriales.



**Figura 4: Niveles de la GIRH**

Fuente: GWP (2009)

#### 2.3.4. Gobernabilidad del agua

“La Gobernabilidad es la capacidad de diseñar e implementar buenas políticas públicas. La capacidad que todos los usuarios de agua tienen para dirigir sus energías de una manera coherente hacia el desarrollo sustentable de los recursos hídricos. En los países pobres o subdesarrollados la crisis de gobernabilidad acentúa el problema del Agua” (Vásquez, 2015).

#### 2.3.5. Modelo GOTA (Gestión y Ordenamiento Territorial del Agua)

Es una metodología que procesa e integra información física, económica, social, y ambiental de una cuenca hidrográfica; cuyo resultado final es determinar las zonas con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica donde es más difícil realizar una Gestión Integral de los Recursos Hídricos (GIRH). Fue modificado del Índice de Pobreza Hídrica (IPH) y adaptado a las condiciones y caracterización de las cuencas en el Perú según el esquema de diagnóstico del Proyecto de Modernización (PMGRH – ANA).

A través de la suma ponderada de 30 indicadores divididos en 6 componentes de evaluación que son recurso, acceso, capacidad, uso, ambiente y calidad; se determina el nivel

de disponibilidad del recurso hídrico, accesibilidad a servicios para el desarrollo de la población, competitividad en la producción de la población, manejabilidad eficiente y sustentable de los recursos naturales, adaptabilidad ambiental y, salubridad de las fuentes respectivamente, en una zona delimitada.

La forma adecuada de analizar los resultados obtenidos del modelo GOTA es por medio de un estudio detallado de los indicadores principales, junto con sus parámetros y variables primarias a nivel local, enfocándose en la zona antrópica final de un distrito. Este procedimiento permite obtener una matriz FODA aproximada de la realidad en la que se encuentra la población en estudio, a fin de elaborar un plan de desarrollo rural sostenible.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MATERIALES

##### 3.1.1. Población y Muestra

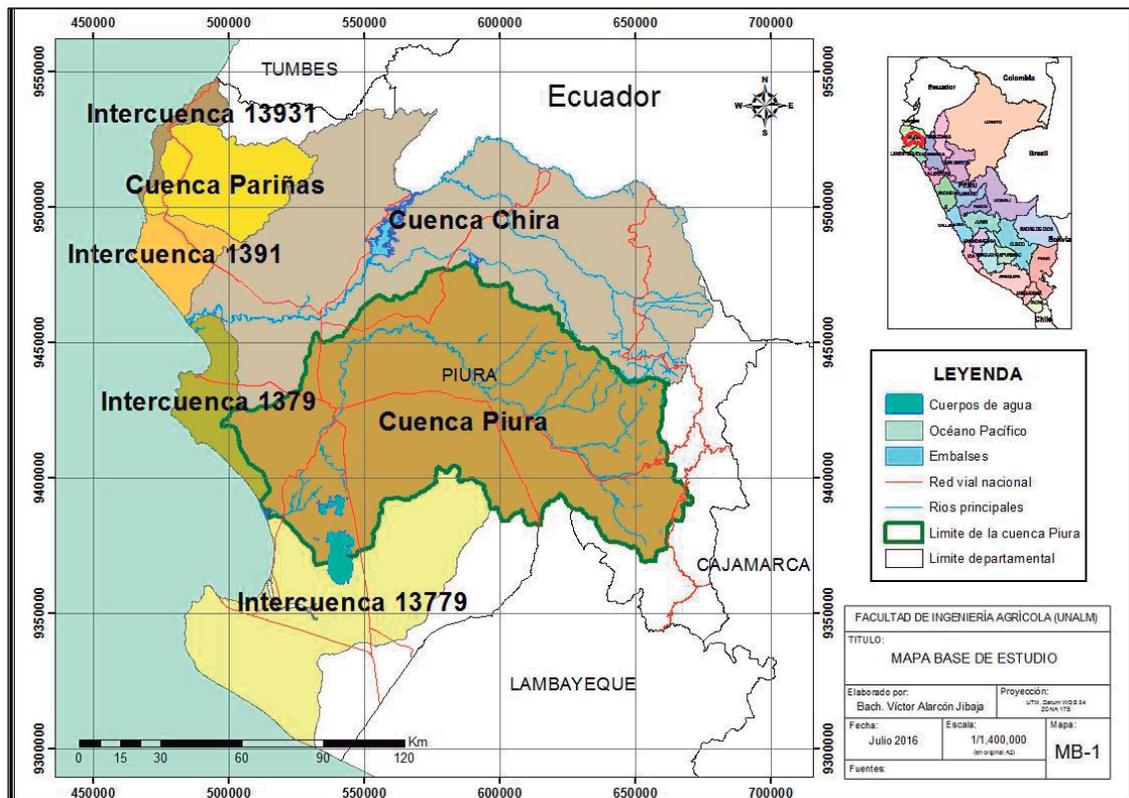


Figura 5: Mapa base de estudio

El trabajo de investigación está enfocado a los distritos de un territorio y población delimitada por una cuenca, en este caso la cuenca del río Piura. Fue seleccionado dentro del grupo de las cuencas piloto consideradas las más importantes de la vertiente del Pacífico por su impacto económico agrario. Se trabajó con la zona antrópica efectiva de los distritos, que se

encuentran total y parcialmente dentro de esta. La población aproximada de la cuenca es de 845 470 habitantes, en 33 distritos agrupados en 4 provincias (Sechura, Piura, Morropón y Huamcabamba).

Así mismo, después de obtener el resultado del modelo GOTA, se procedió a analizar todos los distritos dentro de la cuenca a través de una lista ranking según la importancia de sus problemas. Finalmente, se seleccionó el distrito con mayor urgencia de problemas, en este caso, el distrito de Buenos Aires, que no necesariamente es el primero en la lista del ranking. Este se utilizó como distrito piloto, dado que presenta la mayor variedad de los rangos obtenidos para la calibración en campo y a través de imágenes satelitales, así como la validación como herramienta de comunicación para transmitir la situación real de los problemas a su población de aproximadamente 8000 habitantes, asentada en un territorio político de 245.12 km<sup>2</sup>.

### 3.1.2. Hidrografía del río Piura

La cuenca del río Piura está situada geográficamente entre los paralelos 4°42" y 5°45" de latitud sur y los meridianos 79°29" y 81° de longitud oeste. Tiene un área de total de 12,216 km<sup>2</sup> hasta la desembocadura al mar por el Estuario de Virrilá.

El río Piura, así como el Chira, pertenecen al Sistema Hidrográfico del Pacífico, tiene como nacientes a numerosas quebradas que corren principalmente desde los cerros Jaway, Querpón y Patrón, entre otros; alimentando sus cursos de agua principalmente con las precipitaciones estacionales que ocurren en el flanco occidental de la Cordillera de Los Andes. El río nace a 3,600 m.s.n.m., en la divisoria de la cuenca del río Huancabamba, donde inicia su recorrido cruzando las provincias de Morropón y Piura. Su cauce de 280 km. tiene una dirección de Sur a Norte, con curvatura desde la Quebrada San Francisco hasta la Caída de Curumuy, luego en dirección Sur-Oeste hasta llegar a su desembocadura al Océano Pacífico a través del Estuario de Virrilá.

“Este río Piura tiene varios afluentes, principalmente por la margen derecha, siendo los más importantes los ríos San Martín, Pusalca, Río Seco, Bigote, Corral del Medio, La Gallega, Charanal y Yapatera. Los cauces de los afluentes son torrentosos y bien definidos, mientras que el cauce del río Piura en las zonas bajas es variable por la escasa pendiente, existiendo zonas propensas a la inundación” (Chavarri, 2012).

### 3.1.3. Información recopilada

La colecta de datos fue en un inicio de información bibliográfica y de data digital disponible de la UNALM y la web. Seguidamente, se recopiló información muy detallada y digital de la cuenca del río Piura, disponible en el archivo del diagnóstico final de las cuencas piloto, a través del Programa de Modernización de la Gestión Integral de los Recursos Hídricos (PMGRH - ANA) y en el archivo de la Zonificación Ecológica Económica (ZEE) del Gobierno Regional de Piura. Gracias a la ley N° 27927 (Ley de Transparencia y Acceso a la Información Pública), se pudo obtener toda la información necesaria para el desarrollo del modelo GOTA.

Basado en la experiencia de los proyectos de gestión del agua que existen, se procedió a realizar visitas de campo para recopilar mayor información primaria de la población, antes y después, de correr el modelo. Si bien el PMGRH ya ha realizado talleres y visitas de campo, la información social, que es necesaria para calibrar los criterios de modelamiento de varios indicadores y además de los pesos participativos de cada variable con respecto a la realidad existente, no se encuentra disponible en estos estudios. Así mismo, se descargaron imágenes satelitales Landsat de un servidor gratuito (ESDI), con resolución 28.5 X 28.5, de los años 2012 y 2013 para comparar los resultados obtenidos con la realidad plasmada en estas imágenes.

Es importante mencionar, que la información utilizada en este trabajo proporcionada por el PMGRH, ha sido recolectada a lo largo de 5 años de desarrollo del diagnóstico de las cuencas piloto, dentro de ellas, la cuenca hidrográfica del río Piura.

También se consideró trabajos de investigación ya realizados en la cuenca de otro tipo de instituciones públicas y privadas como el Sistema de Información Ambiental Regional (SIAR - Piura), el Instituto de Montaña, PROCLIM y de profesionales colaboradores. En el Anexo 3, se detalla una lista de los planos que dispone el PMGRH – ANA para la cuenca del Río Piura que pertenece al Diagnóstico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira-Piura (2012).

A continuación, se presenta una lista con la información digital del diagnóstico final de la cuenca Chira – Piura, realizado por el Programa de Modernización de los Recursos Hídricos de la ANA. Esta información se encuentra disponible en el Consejo de Recursos Hídricos de la cuenca (CRHCP).

1. General: Plano de ubicación
2. General: Mapa base
3. Caracterización Físico-biótica: Mapa físico, relieve e hidrología de la cuenca.
4. Caracterización Físico-biótica: Pendientes
5. Caracterización Físico-biótica: Pendientes. Intervalos
6. Caracterización Físico-biótica: Geología
7. Caracterización Físico-biótica: Geomorfología
8. Caracterización Físico-biótica: Fisiografía
9. Caracterización Físico-biótica: Edafología, suelos desérticos
10. Caracterización Físico-biótica: Cobertura vegetal
11. Caracterización Físico-biótica: Regiones naturales
12. Caracterización Físico-biótica: Zonas de vida
13. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Plano político
14. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Densidad de población por distritos
15. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Mapa actividades económicas
16. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Mapa de conflictos por el uso del agua
17. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Nivel de pobreza
18. Caracterización Socioeconómica y Cultural: Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)

19. Recursos Hídricos: Unidades hidrográficas y cuencas de primer orden
20. Recursos Hídricos: Mapa de ubicación de estaciones meteorológicas e hidrométricas
21. Recursos Hídricos: Precipitación media anual, Año tipo medio (1976)
22. Recursos Hídricos: Precipitación media anual, Año tipo húmedo (1983)
23. Recursos Hídricos: Precipitación media anual, Año tipo seco (1968)
24. Recursos Hídricos: Recursos Hídricos Superficiales
25. Recursos Hídricos: Distribución de acuíferos
26. Recursos Hídricos: Calidad de agua
27. Riesgos Naturales: Isoyetas de El Niño (1983)
28. Riesgos Naturales: Peligrosidad por inundaciones
29. Riesgos Naturales: Peligrosidad por geodinámica externa
30. Riesgos Naturales: Peligrosidad por erosión
31. Riesgos Naturales: Peligrosidad por deslizamiento
32. Riesgos Naturales: Peligrosidad por heladas
33. Riesgos Naturales: Multipeligrosidad (Erosión, heladas, inundaciones y deslizamientos)
34. Riesgos Naturales: Peligrosidad por degradación de suelo
35. Riesgos Naturales: Vulnerabilidad por sequia
36. Riesgos Naturales: Vulnerabilidad por deforestación
37. Riesgos Naturales: Vulnerabilidad territorial
38. Riesgos Naturales: Encauzamiento y drenajes de zonas inundables
39. Infraestructura Hidráulica: Infraestructura hidráulica
40. Usos y Demandas de Agua: Potencial agroecológico
41. Usos y Demandas de Agua: Potencial acuícola
42. Usos y Demandas de Agua: Potencial forestal
43. Usos y Demandas de Agua: Potencial de recursos mineros
44. Usos y Demandas de Agua: Carencia del servicio de agua
45. Usos y Demandas de Agua: Carencia del servicio de desagüe
46. Sistemas Hídricos: Esquema hídrico

### 3.2. MÉTODOS

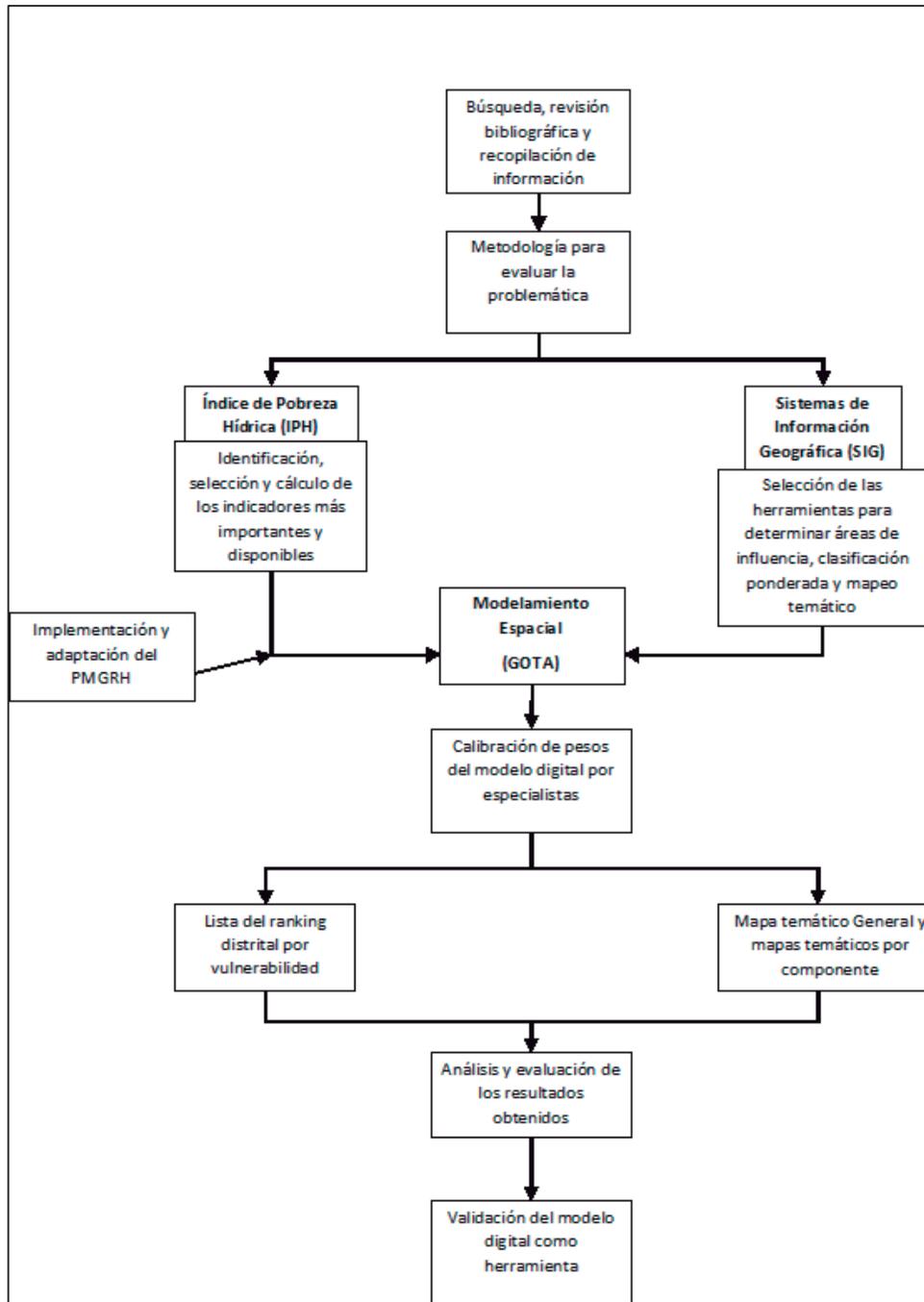
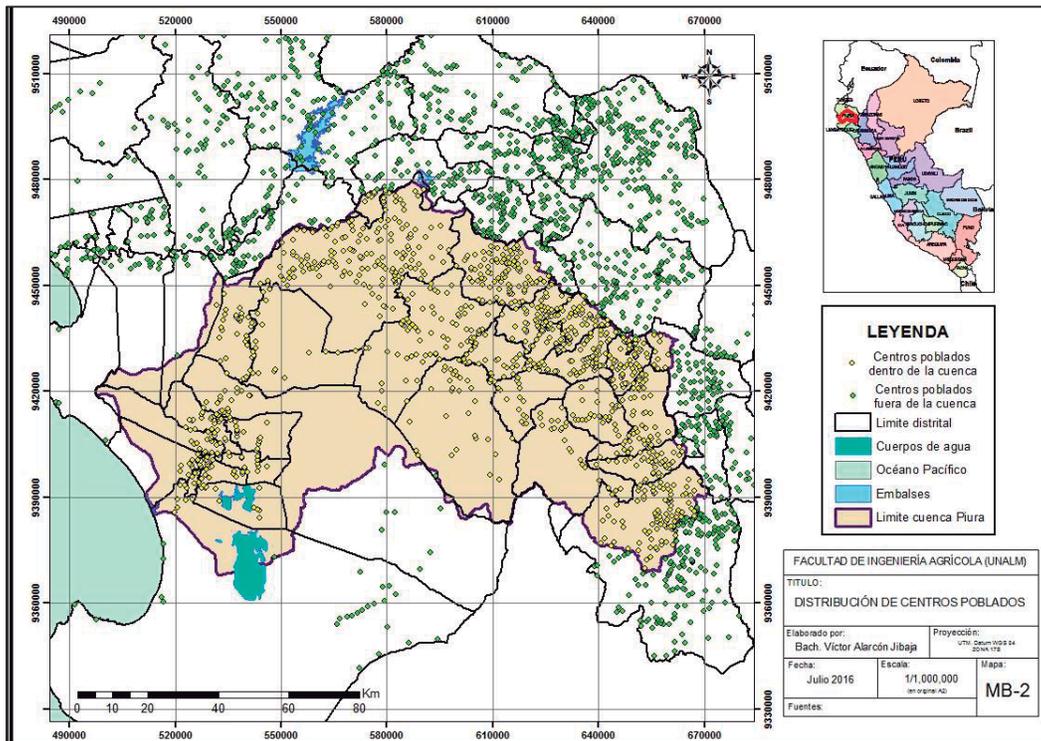


Figura 6: Esquema general del trabajo de investigación

### 3.2.1. Identificación de la zona antrópica

Los indicadores socio-económicos caracterizan las condiciones de vida de la población, por esta razón, el área de trabajo debe enfocarse en una zona antrópica donde ésta y sus actividades económicas se desarrollan. Por ello, se identificaron los centros poblados dentro de la cuenca (INEI 2007), a fin de ser modelados para delimitar la zona antrópica vulnerable. Se observó que hay 4 tipos de distritos dentro en la cuenca:

- Distritos totalmente dentro de la cuenca, pero con centros poblados mal distribuidos.
- Distritos totalmente dentro de la cuenca con centros poblados bien distribuidos.
- Distritos parcialmente dentro de la cuenca, pero con centros poblados mal distribuidos.
- Distritos parcialmente dentro de la cuenca con centros poblados bien distribuidos.



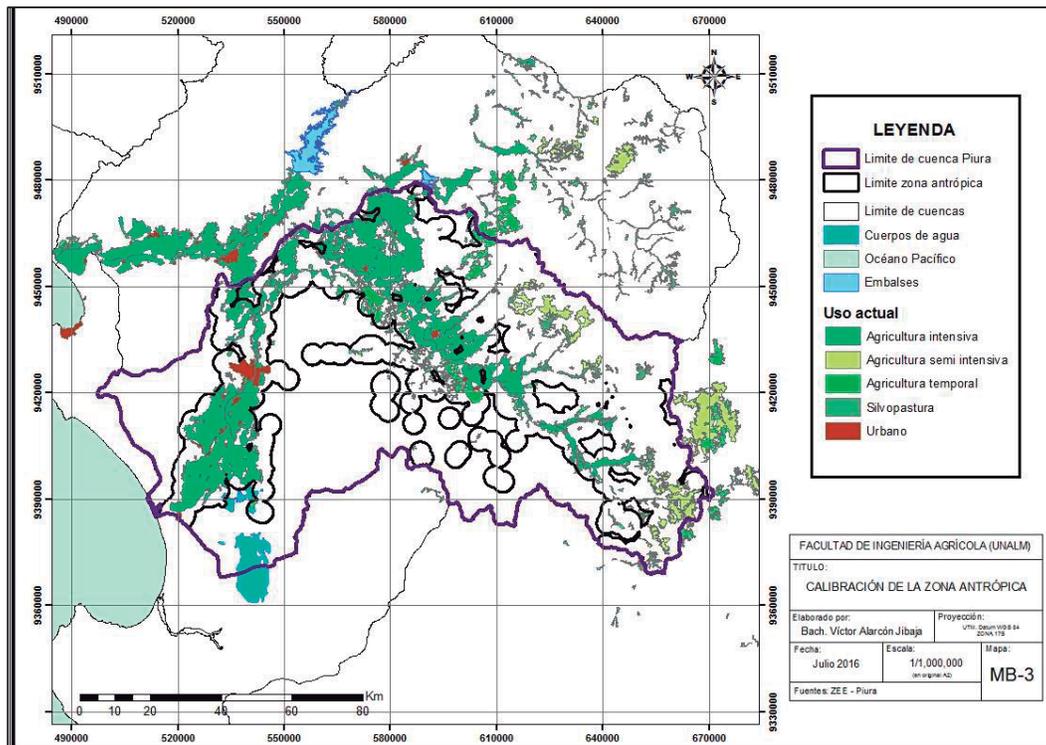
**Figura 7: Distribución de los centros poblados en los distritos**

Se hicieron dos pruebas de modelamiento para determinar la zona antrópica de análisis. Se trabajó con un buffer de 3000 m considerando la ubicación de los centros poblados únicamente y se trabajó con un buffer escalado considerando la categoría del centro poblado.

**Cuadro 1: Radios de influencia de los centros poblados por categoría**

CATEGORIA	VALOR	buffer
Anexo	1	1000
Unidad Agropecuaria	2	2000
Caserio	3	3000
Pueblo	4	4000
Ciudad	5	5000
Otros	6	1000

Se calibraron las dos zonas antrópicas en función del uso actual de suelo agropecuario y poblacional. Finalmente, se reagruparon los centros poblados según el distrito correspondiente señalado por el registro del INEI para conformar la zona antrópica a nivel distrital.



**Figura 8: Calibración de la zona antrópica con uso actual de suelo**

### 3.2.2. Identificación de variables

El Índice de Pobreza Hídrica (IPH) combina 5 componentes: recurso, acceso, capacidad, uso y ambiente; con un total de 22 indicadores en el modelo inicial desarrollado por el CEH, sin embargo, la mayoría de los indicadores son específicos, pudiendo englobarse en indicadores más generales de mayor influencia en la gestión multisectorial del agua. Además, las aplicaciones de éste índice hasta ahora, han sido casi totalmente estadísticas presentadas en mapas políticos generales.

Tras una larga recopilación de información bibliográfica, se determinó que los indicadores debían ser modificados y adaptados a las condiciones particulares de las cuencas hidrográficas en el Perú, teniendo como base los diagnósticos generales de cuencas realizados por el Proyecto de Modernización de la Gestión de los Recursos Hídricos (PMGRH) de la ANA. Esta primera aproximación del modelo GOTA combina los 5 componentes del IPH y un componente adicional de calidad de agua, con un total de 30 indicadores finales.

Los indicadores principales son la base del modelo GOTA. Por esto, se han definido tres criterios de selección para garantizar su participación en la GIRH, que son:

- **Importancia, influencia y contribución.** - al igual que en la ZEE, los indicadores deben influir de forma directa, según grados de importancia y participación. La ponderación se realizó analizando la contribución del indicador en aumentar la vulnerabilidad a la inseguridad hídrica.
- **Clasificación cuantitativa y cualitativa.** - todas las variables deben poseer capacidad para ser calificadas y cuantificadas de forma espacial, y en algunos indicadores, también temporal. Esto permite realizar una correcta clasificación temática y posterior reclasificación ponderada de cada una de ellas.

- **Representación geoespacial.** - finalmente, y sumamente importante, todas las variables deben poder ser representadas de forma digital en áreas clasificadas que se determinaron mediante herramientas de influencia espacial de los SIG.

Adicionalmente, también se identificaron dentro de los indicadores seleccionados, las variables que presentan grandes cambios ante la influencia de agente externos como lo son el cambio climático y fenómenos naturales como El Niño para su futuro monitoreo (principalmente todos los que están relacionados con el Ciclo Hidrológico). A continuación, se presenta una lista con los 30 indicadores principales trabajados:

1. Disponibilidad hídrica per cápita\*
2. Disponibilidad hídrica subterránea\*\*
3. Demanda evapotranspirativa\*
4. Índice de aridez meteorológica\*
5. Nivel de aportación hídrica superficial\*
6. Cobertura de servicios básicos primarios\*\*
7. Cobertura de servicios básicos secundarios
8. Cobertura de infraestructura vial
9. Cobertura hidráulica – fluvial\*\*
10. Cobertura institucional
11. Índice de desarrollo humano
12. Índice de pobreza humana
13. Tasa de analfabetismo
14. Tasa desnutrición crónica infantil
15. Necesidades básicas insatisfechas
16. Índice de escasez hídrica consuntiva\*\*
17. Influencia de explotación hídrica subterránea\*\*
18. Índice de eficiencia hídrica
19. Índice de gestión económica del agua
20. Nivel de conflictos por uso\*\*

21. Nivel de vulnerabilidad física
22. Nivel de peligrosidad
23. Estado físico actual del suelo
24. Potencial de producción por biodiversidad
25. Potencial de energías\*\*
26. Influencia de fuentes contaminantes
27. Calidad hídrica superficial
28. Calidad hídrica subterránea
29. Cobertura de tratamiento del agua
30. Influencia a la salud básica

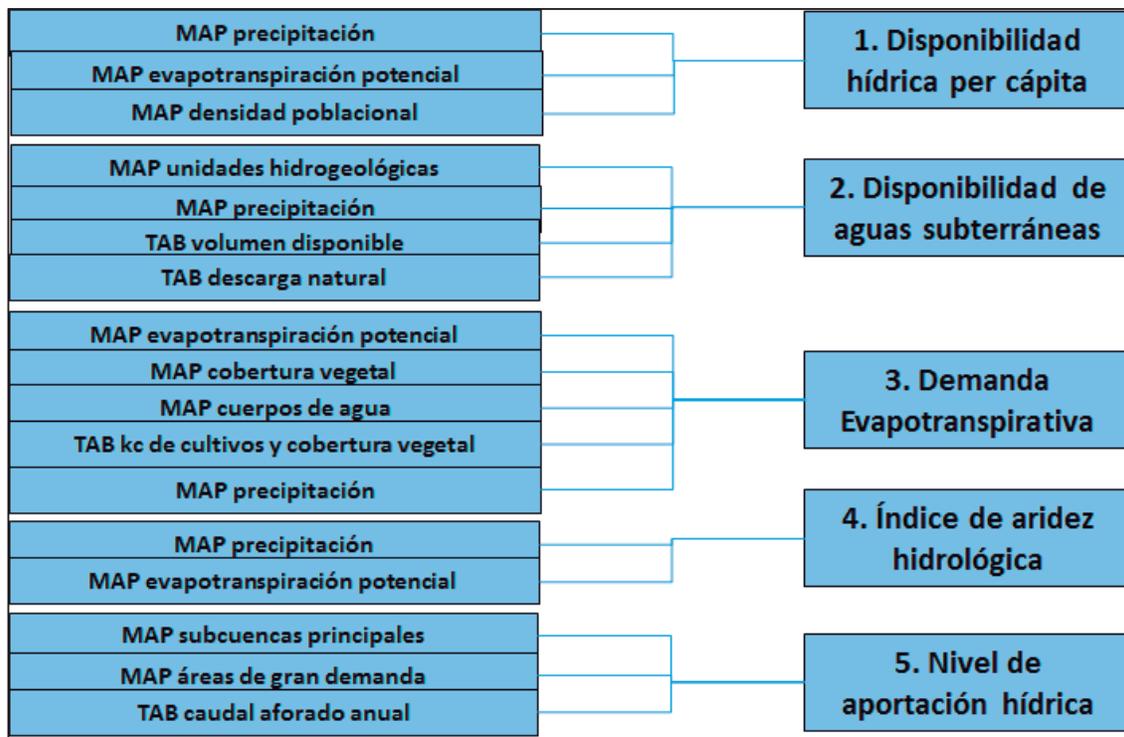
\* Indicadores que varían directamente ante la influencia de agentes externos, principalmente los que presentan variables meteorológicas e hidrológicas.

\*\* Indicadores que varían indirectamente ante la influencia de agentes climáticos, principalmente los que dependen de la disponibilidad hídrica tanto superficial como subterránea.

### 3.2.3. Aplicación de metodologías de la gestión de recursos hídricos

Consiste en todas las metodologías básicas utilizadas en la hidrología para trabajar las variables principales del ciclo del agua. Entre estos tenemos la precipitación, evaporación, escorrentía, entre otros. Todos ellos serán modelados de forma distribuida a través de las estaciones meteorológicas disponibles. A través de la herramienta álgebra de mapas se relacionarán las variables según indicadores hidrológicos de diferentes fuentes, como, por ejemplo, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia.

a) Sub Modelo Recurso: Vulnerabilidad por Disponibilidad



**Figura 9: Esquema Sub Modelo Recurso**

**Ecuación 1: Sub Modelo Recurso**

$$SM\_RECURSO = A * \text{disponibilidad hídrica per capita} + B * \text{disponibilidad hídrica subterránea} + C * \text{demanda evapotranspirativa} + D * \text{índice de aridez meteorológica} + E * \text{nivel de aportación hídrica superficial}$$

Los pesos de participación de los indicadores del sub modelo recurso se asumieron según las principales fuentes de agua utilizadas en la cuenca para satisfacer las demandas. Los indicadores hidrológicos de evapotranspiración y aridez son referenciales por lo que presentan la menor participación.

**Cuadro 2: Pesos de participación Sub Modelo Recurso**

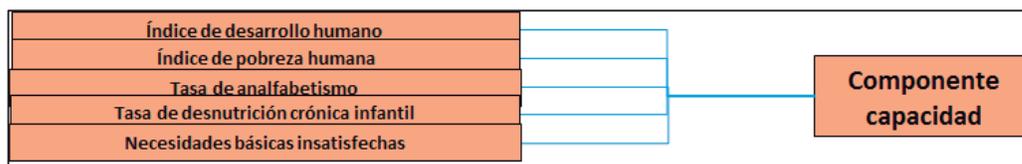
coef. De participación	Valor (%)
A	25
B	30
C	15
D	10
E	20

### 3.2.4. Aplicación de metodologías del ordenamiento territorial

Consiste en la metodología principal de la ZEE (interpolación ponderada), y todos los subproductos que esta genere. La mayoría de resultados de estas operaciones ya han sido realizados para la cuenca del río Piura y se utilizaron directamente, previamente revisando y verificando su representatividad según el procedimiento de elaboración y los pesos utilizados.

Es importante destacar, que para poder realizar el modelo GOTA en una cuenca hidrográfica, se considera como mínimo requerimiento que esta disponga de una ZEE actualizada.

#### a) Sub Modelo Capacidad: Vulnerabilidad por Competitividad



**Figura 10: Esquema Sub Modelo Capacidad**

#### Ecuación 2: Sub Modelo Capacidad

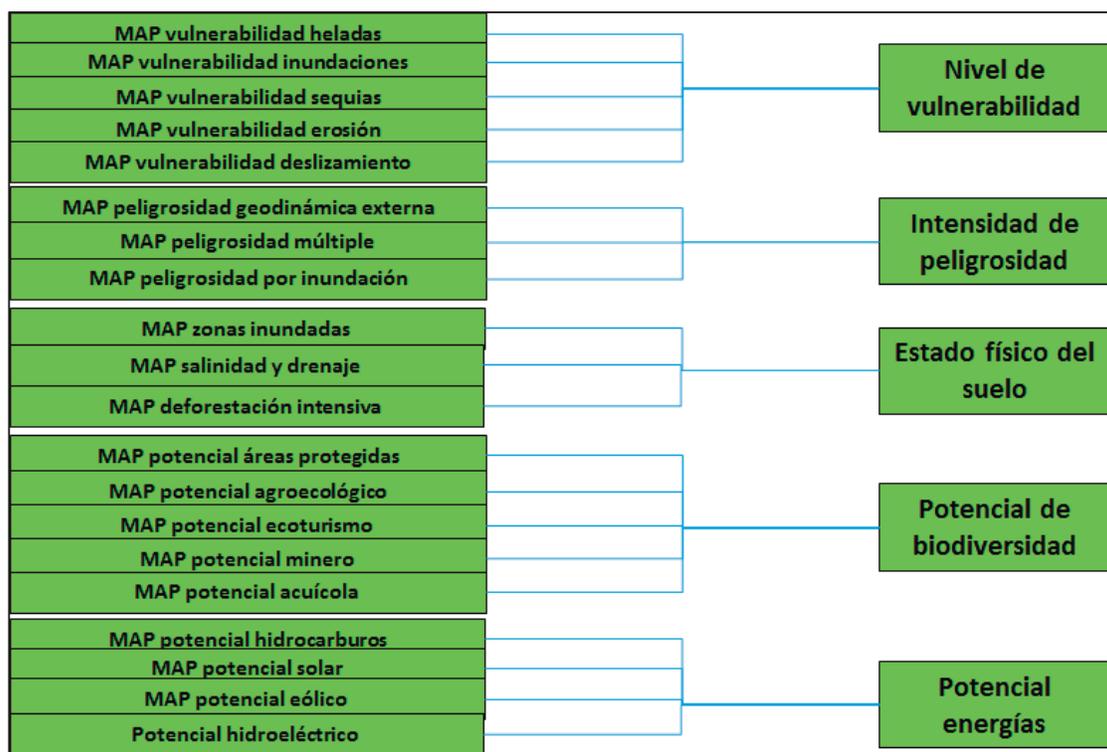
$$SM\_CAPACIDAD = A * \text{índice de desarrollo humano} + B * \text{índice de pobreza humana} + C * \text{tasa de analfabetismo} + D * \text{tasa desnutricion cronica} + E * \text{necesidades basicas insatisfechas}$$

Se puede observar que hay indicadores generales que engloban a otros indicadores particulares, esto se da para darles mayor énfasis a estos indicadores particulares por estar más relacionados con el agua. Por un lado, la tasa de analfabetismo nos muestra la capacidad de la población para asimilar una cultura de agua, por otro, la tasa de desnutrición crónica nos muestra las consecuencias de la falta de salubridad en los servicios de saneamiento.

**Cuadro 3: Pesos de participación Sub Modelo Capacidad**

coef. De participación	Valor (%)
A	20
B	20
C	20
D	20
E	20

b) Sub Modelo Ambiente: Vulnerabilidad por Adaptabilidad



**Figura 11: Esquema Sub Modelo Ambiente**

### Ecuación 3: Sub Modelo Ambiente

$$SM\_AMBIENTE = A * nivel\ de\ peligrosidad + B * nivel\ de\ vulnerabilidad + C * estado\ actual\ del\ suelo + D * potencial\ de\ biodiversidad + E * potencial\ de\ recursos\ energeticos$$

Los pesos de participación de los indicadores del sub modelo ambiente se asumieron según los antecedentes de la cuenca. Dado que esta zona se encuentra fuertemente influenciada por el fenómeno de El Niño, se priorizó los indicadores de riesgo. Así mismo, los problemas de degradación afectan directamente otros sub-modelos.

**Cuadro 4: Pesos de participación Sub Modelo Ambiente**

coef. De participación	Valor (%)
A	30
B	25
C	20
D	15
E	10

#### 3.2.5. Aplicación de metodologías de SIG

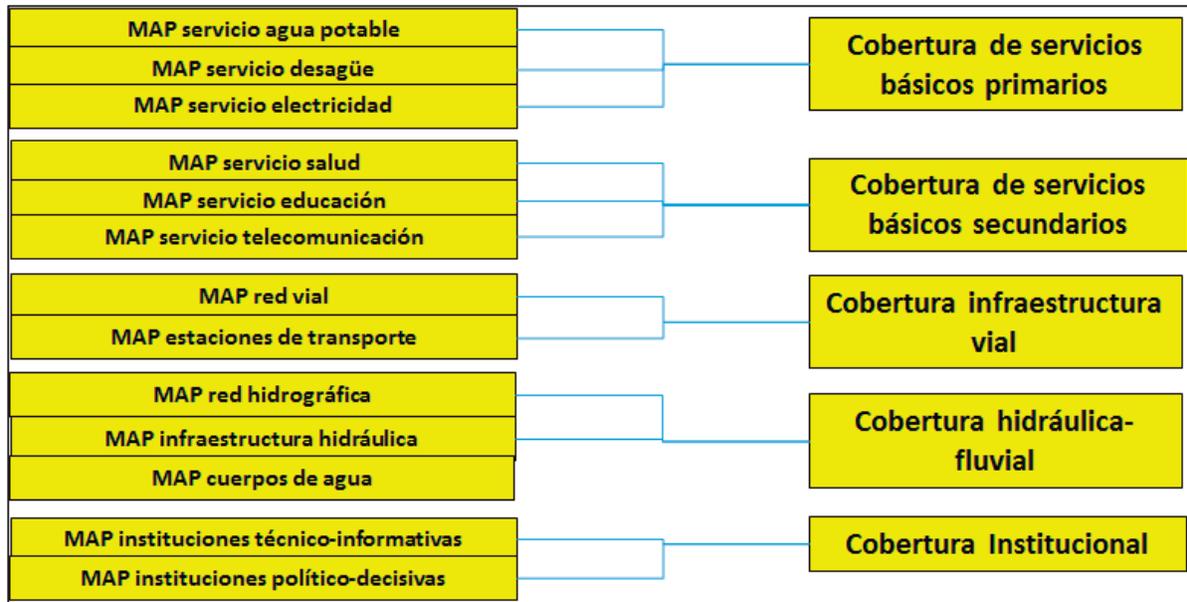
Consiste en todas las herramientas y metodologías disponibles que nos brinda el software ARCGIS para determinar áreas de influencia, proximidad, zonificación estadística, entre otras; para las variables que aún faltan ser previamente tratadas para ser incorporadas al modelo.

Si bien en las anteriores operaciones también se ha hecho uso de herramientas SIG disponibles en el software ArcGis, estas aplicaciones están basadas en procedimientos y metodologías ya establecidos en las especialidades de la gestión de los recursos hídricos (indicadores hidrológicos) y el ordenamiento territorial (ZEE).

Sin embargo, los sub modelos de Acceso, Uso y Calidad son una aportación propia donde se ha tratado de establecer nuevos procedimientos para el análisis de casi todos sus indicadores (con excepción de la cobertura de servicios básicos primarios), con la aplicación netamente de SIG (herramienta buffer, como herramienta de dibujo y superposición de atributos), y con una clasificación y calificación basada en criterios personales, de colaboradores e instituciones representativas (PNUD, OMS, ANA, entre otros).

Es por esto, que algunos de estos indicadores presentan un buen detalle de trabajo y clasificación, elaborados con la información disponible; mientras que otros son bastante simples y se han elaborado a través de una asociación de atributos a áreas representativas como áreas de cultivo de las juntas de usuarios y los límites distritales.

a) Sub Modelo Acceso: Vulnerabilidad por Accesibilidad



**Figura 12: Esquema Sub Modelo Acceso**

Los pesos de participación de los indicadores de acceso se asumieron según la importancia del servicio en análisis. Se consideró en primer lugar, el acceso a caminos y a fuentes de agua, seguido de los servicios básicos primarios y secundarios.

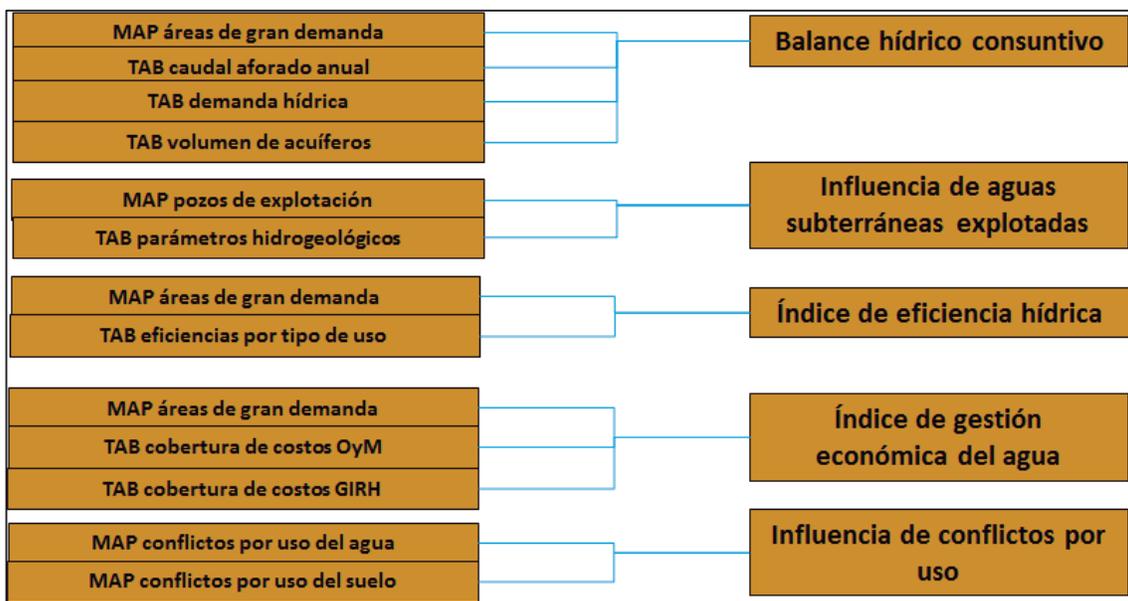
#### Ecuación 4: Sub Modelo Acceso

$$SM\_ACCESO = A * cobertura\ de\ servicios\ basicos\ primarios + B * cobertura\ de\ servicios\ basicos\ secundarios + C * cobertura\ infraestructura\ vial + D * cobertura\ hidraulica - fluvial + E * cobertura\ institucional$$

**Cuadro 5: Pesos de participación Sub Modelo Acceso**

coef. De participación	Valor (%)
A	20
B	17.5
C	25
D	25
E	12.5

b) Sub Modelo Uso: Vulnerabilidad por Manejabilidad



**Figura 13: Esquema Sub Modelo Uso**

Los pesos de participación de los indicadores del sub modelo uso se asumieron según la fuente de mayor demanda. Se priorizó los indicadores de uso subterráneo y superficial, así como el de conflicto de uso. Los indicadores de eficiencia y gestión son referenciales y generales por lo que no presentan mayores pesos.

### Ecuación 5: Sub Modelo Uso

$$SM\_USO = A * \text{indice de escasez hidrica consuntiva} + B * \text{influencia de explotacion hidrica subterranea} + C * \text{indice de eficiencia hidrica} + D * \text{indice de gestion economica del agua} + E * \text{nivel de conflicto de uso}$$

### Cuadro 6: Pesos de participación Sub Modelo Uso

coef. De participación	Valor (%)
A	25
B	25
C	15
D	15
E	20

### c) Sub Modelo Calidad: Vulnerabilidad por Salubridad

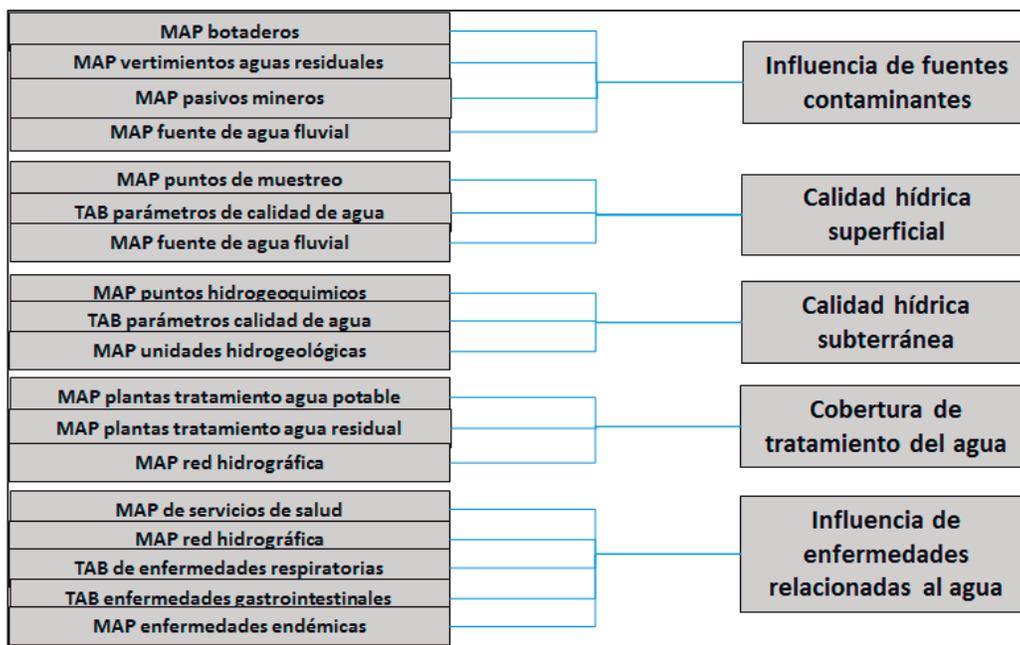


Figura 14: Esquema Sub Modelo Calidad

Los pesos de participación de los indicadores del sub modelo de calidad se asumieron según los principales problemas de contaminación en la cuenca. Así mismo, se consideró la falta de tratamiento como un grave problema desencadenante de otros.

### Ecuación 6: Sub Modelos Calidad

$$SM\_CALIDAD = A * \text{influencia de fuentes contaminantes} + B * \text{calidad hidrica superficial} + C * \text{calidad hidrica subterranea} + D * \text{cobertura de tratamiento del agua} + E * \text{influencia a la salud basica}$$

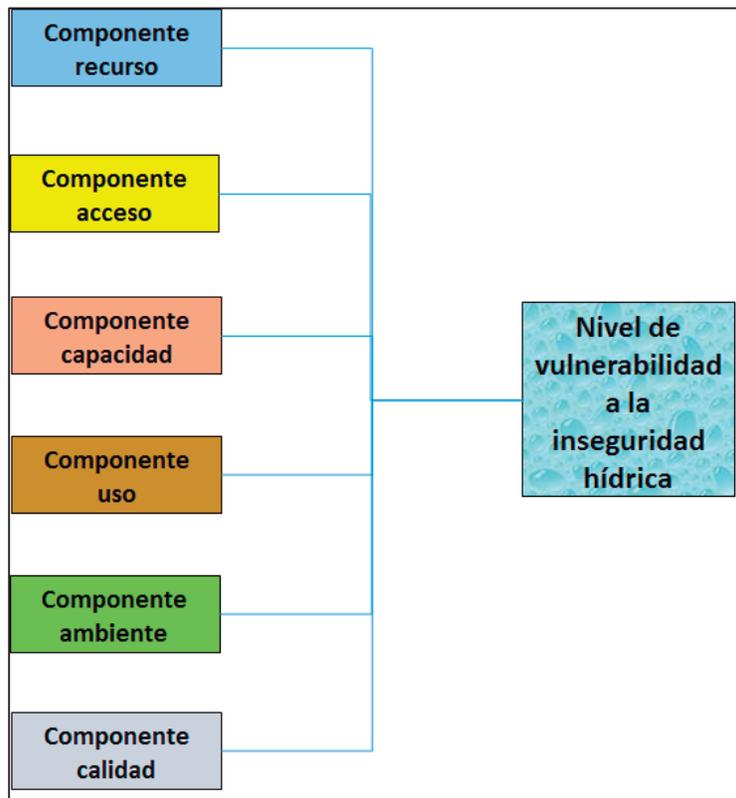
**Cuadro 7: Pesos de participación Sub Modelo Calidad**

coef. De participación	Valor (%)
A	20
B	30
C	10
D	25
E	15

d) Mapa final: Vulnerabilidad a la Inseguridad Hídrica

Finalmente, se integraron los 6 sub modelos que componen el modelo GOTA. Cada uno de estos, comprende 5 indicadores que representan las características físicas, económicas, sociales, ambientales y políticas que están interrelacionadas con el agua. Cada indicador presenta un rango de pesos del 0 al 10. Es decir, que para cada sub modelo se tiene un rango de pesos que va desde 0 a 50 y para el modelo GOTA un rango de 50 a 300, ya que no existen zonas con valores menores a 50.

Dado que hay indicadores que están ajustados a áreas delimitadas particulares como es el caso de los sub modelos Uso, Ambiente y Calidad; no necesariamente se produce superposición de capas entre estos, restando pesos finales. Por esto, se trabajó con un factor de incremento.



**Figura 15: Esquema Modelo GOTA**

Los pesos de participación de los sub modelos se asumieron según los principales problemas de la cuenca, así como los pesos establecidos por el PMGRH en su plan de gestión de la cuenca CHIRA PIURA. Por los antecedentes de muchos años, se sabe que el principal problema de la cuenca es la vulnerabilidad ante el Fenómeno del Niño. El problema de la disponibilidad (sub modelo recurso), siendo en su mayoría, una zona árida; y la calidad, en la parte baja de la cuenca, son las causas probables de los problemas en los otros indicadores; por lo que, también recibieron un buen peso participativo.

**Ecuación 7: Modelo GOTA**

$$M\_GOTA = A * RECURSO + B * ACCESO + C * CAPACIDAD + D * USO + E * AMBIENTE + F * CALIDAD$$

**Cuadro 8: Pesos de participación sub modelos GOTA**

coef. De participación	Valor (%)
A	20
B	10
C	10
D	15
E	25
F	20

### 3.2.6. Desarrollo de indicadores

#### 1. Disponibilidad hídrica per cápita

Se trabajó con información pluviométrica de las estaciones meteorológicas disponibles para el año 1976 considerando, después de estudios de precipitación histórica, como año medio. Sin embargo, también se dispone de información pluviométrica para año seco y húmedo. Para la evapotranspiración potencial, se trabajó con información climatológica de las estaciones trabajadas en el balance hídrico superficial de las cuencas de los ríos Chira y Piura de la dirección general de hidrología y recursos hídricos (VERA y otros, s/d). Se realizó el modelamiento geoespacial de las variables de PP y ETo a través de imágenes raster con una resolución de tamaño de pixel 100X100. Finalmente, se convirtió la información en caudales a nivel anual, que fue dividida por la población perteneciente a la zona antrópica.

#### 2. Disponibilidad hídrica subterránea

Se trabajó con la información disponible en la ZEE de la Región de Piura. El indicador se determinó utilizando las características hidrogeológicas de la cuenca. Entre ellas, el tipo de roca, los recursos geológicos disponibles, la geomorfología de los depósitos y el parámetro de porosidad. De esta forma, se determinó la posible capacidad hídrica subterránea de la cuenca, para constituir un acuífero. Así mismo, se superpuso los límites de las unidades hidrogeológicas

principales de la cuenca, comprobadas por la explotación existente, para darle valoración a estas zonas.

### 3. Demanda evapotranspirativa

Se trabajó con la información generada en el indicador de disponibilidad hídrica per cápita (PP y ETo). El indicador de demanda evapotranspirativa mide la presión de la ETo, basada en las características climatológicas de la cuenca, con respecto a la PP disponible. Este indicador fue trabajado por el Dr. Chavarri en una cuenca de estudio de México. Además, el indicador es similar al índice de retención y regulación de la cuenca, del IDEAM de Colombia (García, 2013).

### 4. Índice de aridez meteorológica

Se trabajó con la información generada en el indicador de disponibilidad hídrica per cápita (PP y ETo). El índice de aridez meteorológica es un indicador utilizado por el IDEAM de Colombia que presenta una clasificación de zonas climáticas (de áridas a húmedas) donde se puede apreciar claramente la participación de la precipitación y las posibilidades que se generen sequías meteorológicas.

### 5. Nivel de aportación hídrica superficial

Se trabajó con la información de caudales medios anuales elaborada por el PMGRH – ANA. Se subdividió la cuenca en 4 sub cuencas donde se disponía una estación de aforamiento al final de estas (con excepción de la última que corresponde a la zona de desembocadura). Se determinó el porcentaje de aportación de cada una de estas sub cuencas teniendo como total el volumen promedio anual de la cuenca del río Piura.

## 6. Cobertura de servicios básicos primarios

Se trabajó con la información disponible en la ZEE de la Región de Piura. Se combinaron los indicadores de carencia del servicio de agua potable, alcantarillado y electricidad. Estos indicadores fueron determinados en el último censo del INEI, y proyectados para el año 2015. Su presentación es a nivel distrital, no se dispone de información más detallada.

## 7. Cobertura de servicios básicos secundarios

Se trabajó con información georreferenciada de los establecimientos de salud, educación y centros de Telecomunicación. Se realizó el modelamiento geoespacial utilizando la herramienta buffer para rangos de distancia, a fin de medir el nivel de proximidad. Se consideró las distancias óptimas de transporte entre centros de salud disponible en los estándares de infraestructura y equipamiento de primer nivel de atención de la dirección general de salud del Ministerio de Salud (MINSA, 1999). Además, se trabajó con valores reales de reportajes sobre los valores extraordinarios de tiempo y recorrido en niños escolares.

Este tipo de procedimiento se realizó principalmente para determinar la proximidad del entorno antrópica a estos establecimientos; en otros modelamientos se trabaja con la cantidad porcentual de los establecimientos según el área distrital a modo de densidad. Sin embargo, este segundo modelamiento no considera la distribución espacial de estos, que muchas veces se encuentra concentrados en las capitales.

## 8. Cobertura de infraestructura vial

Se trabajó con información de la red vial nacional, departamental y vecinal disponible en la ZEE y las estaciones de transporte existentes georreferenciadas (aeropuertos, puertos,

aeródromos). Al igual que la modelación de la infraestructura de los servicios básicos, se trabajó con la herramienta buffer. No se encontró información sobre estándares de proximidad de la red vial por lo que, se asumieron valores sucesivos que se fueron calibrando con tiempos promedio de recorrido tanto a pie como en un vehículo de servicio público.

#### 9. Cobertura hidráulica – fluvial

Se trabajó con información de la red fluvial y de infraestructura hidráulica, así como de los cuerpos de agua presentes (embalses y lagunas). Se trabajó con la herramienta buffer con un procedimiento similar al de la red vial para el caso de la red fluvial, mientras para la infraestructura hidráulica existente, se calibró el área de influencia de servicios y su posible aplicación con el mapa de agricultura intensiva.

#### 10. Cobertura institucional

Se trabajó con información de estaciones institucionales técnico informativas, como las estaciones meteorológicas e hidrométricas. A través de la herramienta buffer, se determinó el radio de influencia de acción de las estaciones meteorológicas que se dividieron en dos: las estaciones de zonas de bajo relieve con mayor radio y las estaciones de zona montañosa (mayor a 200 msnm) con menor radio de influencia. Los rangos de radio de influencia se obtuvieron de la Organización Mundial de Meteorología (OMM).

#### 11. Índice de desarrollo humano

Se trabajó con información de los indicadores sociales recopilados por el INEI (2007) proyectada al 2015. El Índice de Desarrollo Humano implica tres dimensiones: a) salud (vida prolongada y saludable), b) la educación (logros educativos alcanzados) c) ingresos (expresado

en el empleo). En su conjunto estas dimensiones deben permitir una calidad de vida óptima para el ser humano.

12. Índice de pobreza humana

Se trabajó con información de los indicadores sociales recopilados por el INEI (2007), proyectada al 2015 y categorizados por el FONCODES. Según la ONU, el IPH combina los indicadores de esperanza de vida, analfabetismo en adultos y acceso al agua potable.

13. Tasa de analfabetismo

Se trabajó con información de los indicadores sociales recopilados por el INEI (2007) proyectada al 2015. Corresponde a la población mayor de 14 años que no sabe leer ni escribir.

14. Tasa desnutrición crónica infantil

Se trabajó con información de los indicadores sociales recopilados por el INEI (2007) proyectada al 2015. La desnutrición crónica infantil (DCI) es un estado en el cual una niña o niño presenta retardo en su crecimiento (MINSA, 2014), se mide comparando la talla con el estándar recomendado para su edad. Indica una carencia de los nutrientes necesarios por un tiempo prolongado, por tanto, aumenta el riesgo de enfermar y afecta el desarrollo físico e intelectual de la niña o niño (UNICEF, 2011).

15. Necesidades básicas insatisfechas

Se trabajó con información de los indicadores sociales recopilados por el INEI (2007) proyectada al 2015. Entre los parámetros que involucran las NBI tenemos la calidad de vida, el hacinamiento y tugurización, acceso a servicios de saneamiento y acceso a educación.

Existen múltiples formas de representar este indicador según el número de necesidades que se tenga en una familia censada. Para este caso, se trabajó con el indicador que representa el porcentaje de población que presenta al menos una necesidad básica insatisfecha.

#### 16. Índice de escasez hídrica consuntiva

Se trabajó con información de la demanda consuntiva sectorial del recurso hídrico por sistema de riego y con la oferta hídrica superficial y subterránea estimada para un volumen promedio anual. Para la cuenca del río Piura, podemos encontrar 3 grandes sistemas de riego que son: el sistema del Alto Piura, sistema del Medio y Bajo Piura, y una porción del sistema de San Lorenzo. La clasificación se realizó según el IDEAM – Colombia.

#### 17. Influencia de explotación hídrica subterránea

Se trabajó con información de los parámetros hídricos subterráneos recopilados por el INRENA (2002) y los puntos de explotación subterránea existentes. Se estimó el radio de influencia mediante una ecuación por bloques de información hidrogeológica. Finalmente, se asociaron los puntos de explotación con el radio de influencia promedio.

#### 18. Índice de eficiencia hídrica

Se trabajó con información de la eficiencia de conducción y distribución por sistemas de riego, y la eficiencia de uso poblacional disponibles en el diagnóstico final elaborada por la ANA. Este indicador es de gran importancia para determinar el nivel de manejabilidad que tiene la población, sin embargo, no está siendo trabajado con el nivel de detalle que se debería.

#### 19. Índice de gestión económica del agua

Se trabajó con información de la cobertura de costos en operación y mantenimiento a través de la tarifa de agua, y la cobertura de costos de la GIRH en la cuenca a través de la retribución económica por sistemas de riego. Se realizó un balance económico de los costos fijos y variables en cada sistema de riego y el ingreso anual de la ANA por el pago de las juntas de usuarios.

#### 20. Nivel de conflictos por uso

Se trabajó con información de conflictos de uso de suelo y uso de agua. Para el conflicto por uso de suelo, se utilizó el mapa de la ZEE Región Piura con clasificación de uso conforme, sobre uso y sub uso. Para el conflicto de uso del agua, se trabajó con las zonas georreferenciadas donde se registran conflictos principalmente por oportunidad de uso entre comisiones de regante.

#### 21. Nivel de vulnerabilidad física

Se trabajó con información disponible en la ZEE – Región Piura. Se revisó y verificó la información elaborada, principalmente la metodología y los pesos asumidos para cada categoría. La vulnerabilidad se clasificó según la peligrosidad y la influencia en infraestructura de desarrollo social (salud, educación, agua potable, desagüe, energía eléctrica, vial y de riego). Finalmente, se combinaron los mapas de vulnerabilidad ante inundaciones, erosión, deslizamiento, sequía y heladas.

## 22. Nivel de peligrosidad

Se trabajó con información disponible en la ZEE – Región Piura. Se revisó y verificó la información elaborada, principalmente la metodología y los pesos asumidos para cada categoría. La peligrosidad se determinó a través de las características físicas (pendiente, cobertura vegetal, geomorfología, fisiografía) y climatológicas de la cuenca. Finalmente, se combinaron los mapas de peligrosidad por inundaciones, erosión, deslizamiento, y heladas.

## 23. Estado físico actual del suelo

Se trabajó con información de la degradación en la cuenca del río Piura disponible en la ZEE. Adicionalmente, se integró el mapa de deforestación intensiva y de zonas con sedimentación acumulada. Entre los problemas de degradación se encuentran la erosión, la salinización de tierras y el mal drenaje. Los pesos se colocaron según el número de problemas de degradación combinados.

## 24. Potencial de producción por biodiversidad

Se trabajó con información disponible en la ZEE Región Piura. El potencial de biodiversidad resulta de la integración del potencial por recursos naturales renovables (agrario, acuícola, forestal y turístico), y recursos naturales no renovables (minerales metálicos y no metálicos). Se verificó principalmente los pesos asumidos para los recursos disponibles. Cabe resaltar, que estas variables han sido clasificadas por un grupo multidisciplinario de profesionales.

## 25. Potencial de energías

Se trabajó con información disponible en la ZEE Región Piura. Se combinaron los potenciales de energías producidas por recursos renovables (hidroenergética, solar y eólica), y recursos no renovables (hidrocarburos). Se verificaron los pesos asumidos, donde se corrigió parcialmente el potencial eólico.

## 26. Influencia de fuentes contaminantes

Se trabajó con información disponible y georreferenciada de las fuentes contaminantes existentes en la cuenca, tales como botaderos, vertimientos y minería informal. Se modelaron las fuentes de contaminantes a través de la herramienta buffer, con rangos y áreas de acción posibles. Por una parte, los vertimientos se modelaron para el cauce principal compuesto por la zona de mezcla, mientras que para el caso de botaderos se analizó la influencia de contaminación del suelo, agua subterránea y aire.

## 27. Calidad hídrica superficial

Se trabajó con información de los puntos de muestreo disponibles de la cuenca que actualmente están siendo monitoreadas por el ANA. Se modeló la red fluvial ya trabajada anteriormente en el indicador de cobertura hidráulica fluvial. Se realizó la asociación de parámetros de calidad por tramos de la red fluvial, destacando los niveles de contaminación excedentes a los ECA del agua.

## 28. Calidad hídrica subterránea

Se trabajó con información de los puntos hidrogeoquímicos disponibles en la cuenca que a la vez, son puntos de explotación de agua subterránea. Se trabajó con los parámetros de

conductividad, pH y sólidos totales disueltos. Estos fueron clasificados bajo condiciones de uso agrícola del proyecto normal ambiental (2002).

#### 29. Cobertura de tratamiento del agua

Se trabajó con información georreferenciada de las plantas de tratamiento disponibles tanto de agua potable como residual. Estas se asociaron con el área de servicio y se clasificaron según la cantidad y calidad a nivel distrital.

#### 30. Influencia de enfermedades relacionadas con el agua

Se trabajó con información distrital de las Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA) e Infecciones Respiratorias Agudas (IRA) proporcionadas por la DIRESA de Piura. El parámetro más importante corresponde a las EDA presentes en niños menores de 5 años.

#### 3.2.7. Calibración de resultados

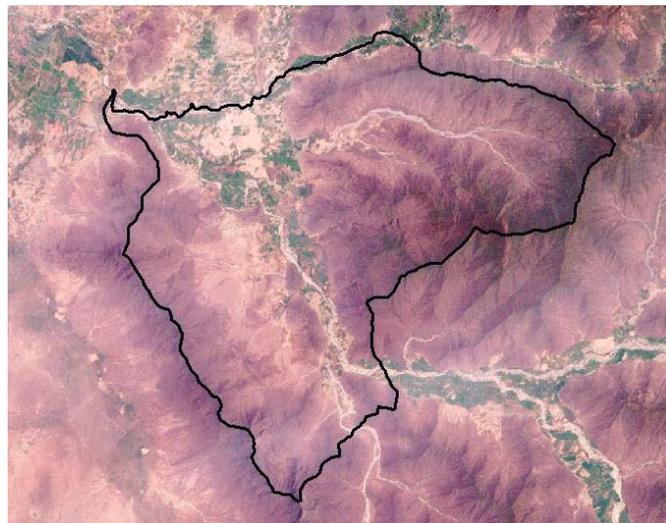
La calibración de los resultados obtenidos por el modelo GOTA se realizó a través de la comparación y verificación de los 30 indicadores obtenidos para el distrito piloto de Buenos Aires, con respecto a la problemática real en su población. Se realizaron dos tipos de calibraciones, una primaria, a través de imágenes satelitales descargadas y del servidor de google earth; y una secundaria, a través de una visita de campo a la zona de estudio.

El objetivo de este procedimiento consistió en regular los rangos de los radios de influencia, utilizados para el modelamiento de indicadores que no presentaban valores referenciales, principalmente los del sub modelo acceso y calidad. Es decir, identificar el grado de proximidad que perciben los pobladores con respecto al indicador a calibrar. Así mismo, se

buscó reconocer el grado de importancia que tiene cada indicador con respecto al bienestar de la población de Buenos Aires.

a) Calibración con imágenes satelitales

Esta consiste básicamente en verificar el modelamiento de la zona antrópica, comparando los radios de influencia asumidos según la categoría del centro poblado (véase cuadro 8). Así mismo, también se verificó la cobertura de uso del suelo, de forma aproximada dado que las imágenes presentan baja resolución y son del año 2000.



**Figura 16: Imagen Satelital del distrito de Buenos Aires**

Fuente: Imagen Landsat (2000)

Se verificaron los radios de influencia utilizados para el modelamiento de los centros poblados, donde se pudo observar que la categoría de caserío, cuyo valor de influencia es de 3000 metros, se encuentra muy por encima de la zona ocupada por la población. Esto nos da a entender que la zona antrópica presenta áreas no necesariamente ocupadas en su totalidad, pero sirven de referencia para su posterior crecimiento. La categoría de ciudad, cuyo valor de influencia es de 5000 metros, muestra mejores resultados.

Asimismo, se pudo observar la cobertura de uso de suelo del distrito, conformada principalmente de una zona urbana (ciudad de Buenos Aires), una gran zona de bosques secos y una zona de agricultura intensiva.

b) Calibración con visita de campo

Consistió en recopilar información física de la población, a través de la observación directa y registro digital de la situación actual del distrito, como la zona de botadero, zona de vertimiento, zona agrícola, zona urbana, entre otras. E información socio-económica, a través de preguntas básicas a los pobladores y las autoridades municipales.

### 3.2.8. Validación del modelo GOTA

La validación del modelo como herramienta básica para la GIRH a nivel local se realizó, a través de la exposición a las autoridades poblacionales CODECO (Pampa Hacienda, La Pilca, La Maravilla, Pampa Flores, Nuevo Progreso, entre otros) y usuarias (Comisión de Regantes), sobre los resultados obtenidos en el análisis del distrito piloto de Buenos Aires. Este resultado final consta de un diagnóstico multisectorial del distrito bajo el esquema de sub modelos y una matriz FODA sobre el entorno de desarrollo del distrito. La exposición se realizó al inicio de un taller presupuestal participativo en el colegio el Ingenio, ubicado en el caserío el Ingenio Buenos Aires.

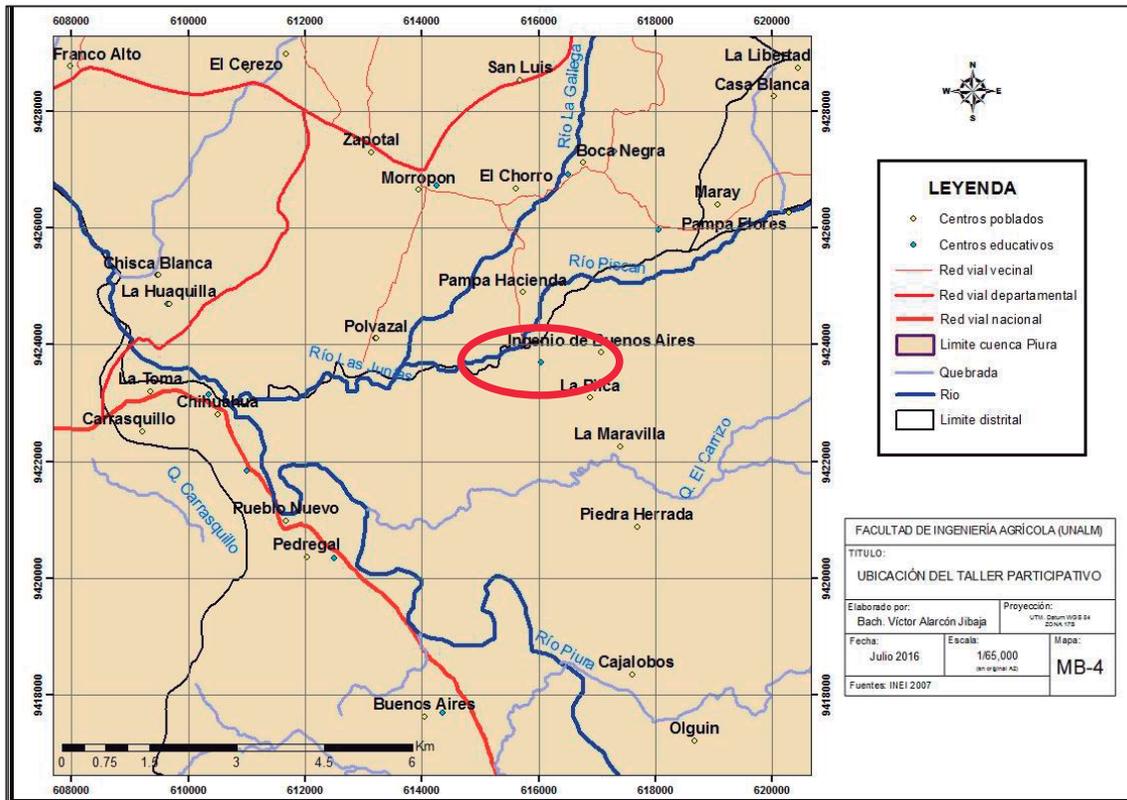


Figura 17: Ubicación del taller participativo de Buenos Aires

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. ZONA ANTRÓPICA

El modelamiento de la zona antrópica a nivel de centros poblados permite observar los resultados de forma más exacta. Dado que los límites distritales actuales son la base política de la toma de decisiones por parte de los gobiernos locales, se segmentó la zona antrópica de acuerdo a estos límites. Sin embargo, cada centro poblado también presenta un límite propio que normalmente se encuentra registrado en los planos cartográficos municipales.

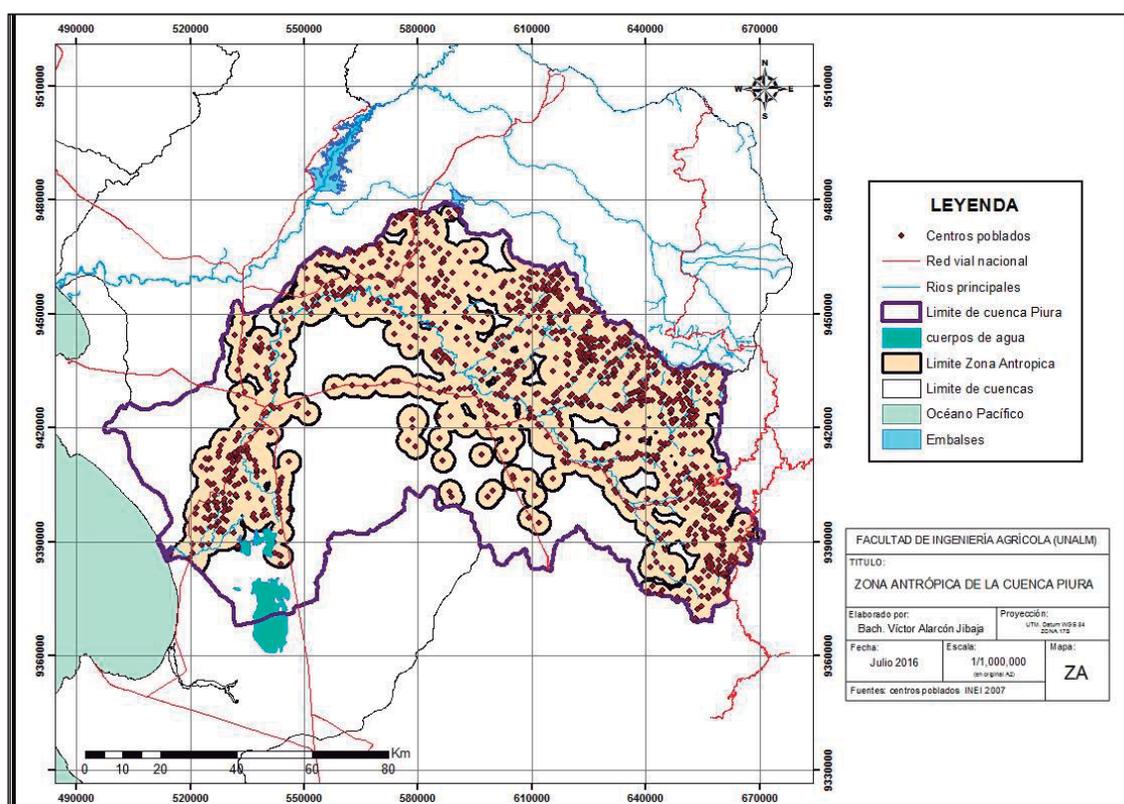


Figura 18: Zona antrópica a nivel distrital de la cuenca del río Piura

Si bien, la zona antrópica determinada excluye áreas totalmente inhabitadas, a través de la calibración de la zona antrópica mediante imágenes satelitales, se ha podido identificar que el radio de influencia asumido según la categoría del centro poblado no es tan exacto, esto se observa principalmente en los de la categoría de caseríos; y en algunos casos, no se ha encontrado centros poblados que supuestamente se registraron en el censo del INEI (2007).

Es importante comprender, que el análisis de la seguridad hídrica no se debería realizar con los límites reales de los centros poblados, porque se perdería mucha información valiosa de su entorno. Por eso, se concluye que los límites de la zona antrópica de los centros poblados determinados, constituyen una excelente zona de análisis donde se tiene un área real habitada y un área de futuro crecimiento y aprovechamiento de los recursos disponibles cercanos.

#### **4.2. SUB MODELOS Y MAPA FINAL**

El análisis de los resultados se realizó según la clasificación del nivel de vulnerabilidad a la inseguridad hídrica para cada sub modelo, obtenidos al final del modelamiento geoespacial. Se determinó un rango de clasificación para los mapas finales donde se pudo observar las áreas con mayor vulnerabilidad.

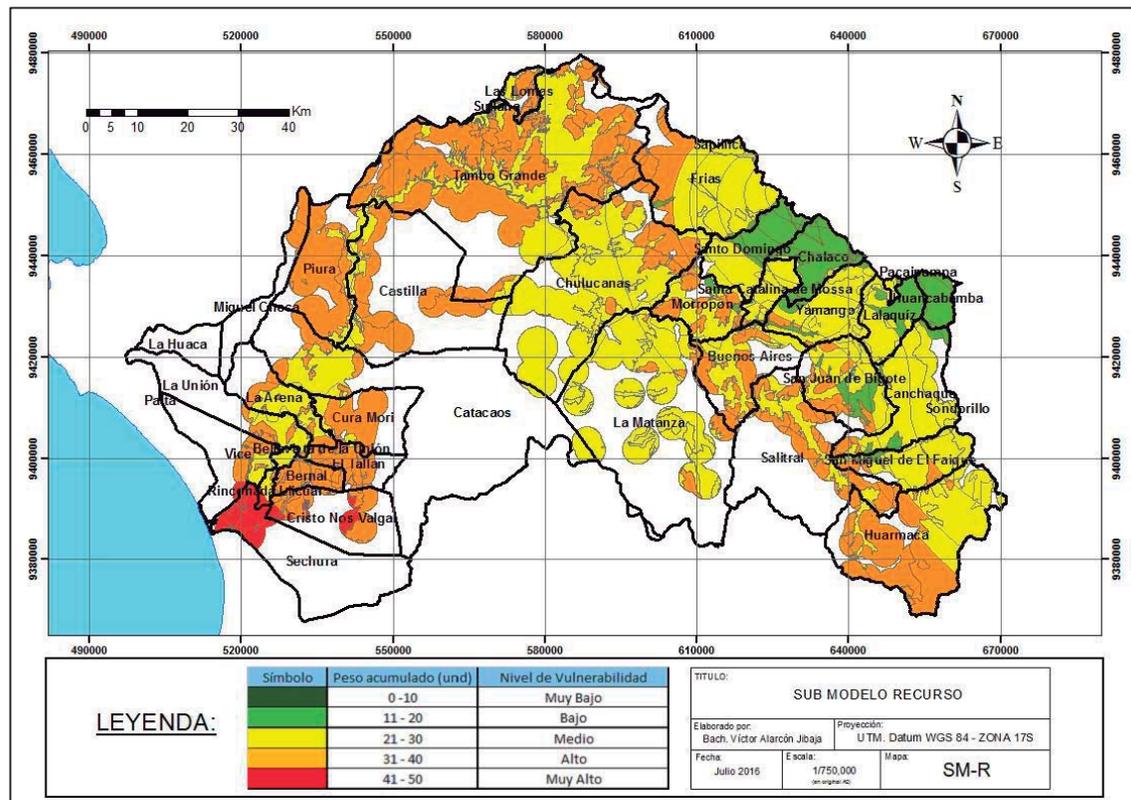
Es importante aclarar, que el análisis de los sub modelos es solo una primera aproximada de los problemas conformados por los indicadores principales. Para un análisis más detallado, se debe observar cada indicador de forma particular, así como sus parámetros y variables primarios a nivel distrital.

##### 4.2.1. Sub modelo recurso

- a) Condiciones de frontera
- No se dispone de información detallada sobre la población a nivel de centros poblados.

- No se dispone de información de volúmenes y parámetros de todos los acuíferos a nivel de cuenca hidrográfica.
- No se dispone de información catastral de cada cultivo intensivo de la cuenca, así como sus características fenológicas.
- No se dispone de información de estaciones aforadas a nivel de microcuencas.

Se puede observar en la figura 19, que la zona con mayor vulnerabilidad por disponibilidad del recurso hídrico se encuentra en la parte norte de la cuenca en el distrito de Tambo Grande.



**Figura 19: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por disponibilidad**

## b) Discusión

El sub modelo Recurso es el más importante dentro del Modelo GOTA, por lo que su representatividad de la realidad debe ser lo más exacta. Es por esto que se escogió una cuenca con poca regulación antrópica, a diferencia de la cuenca del Chira con el embalse de Poechos. Sin embargo, existe una parte de la cuenca (un porcentaje de la zona media y toda la zona baja) que es abastecida por un canal de derivación, el canal Daniel Escobar. Por lo que los resultados se ven afectados parcialmente.

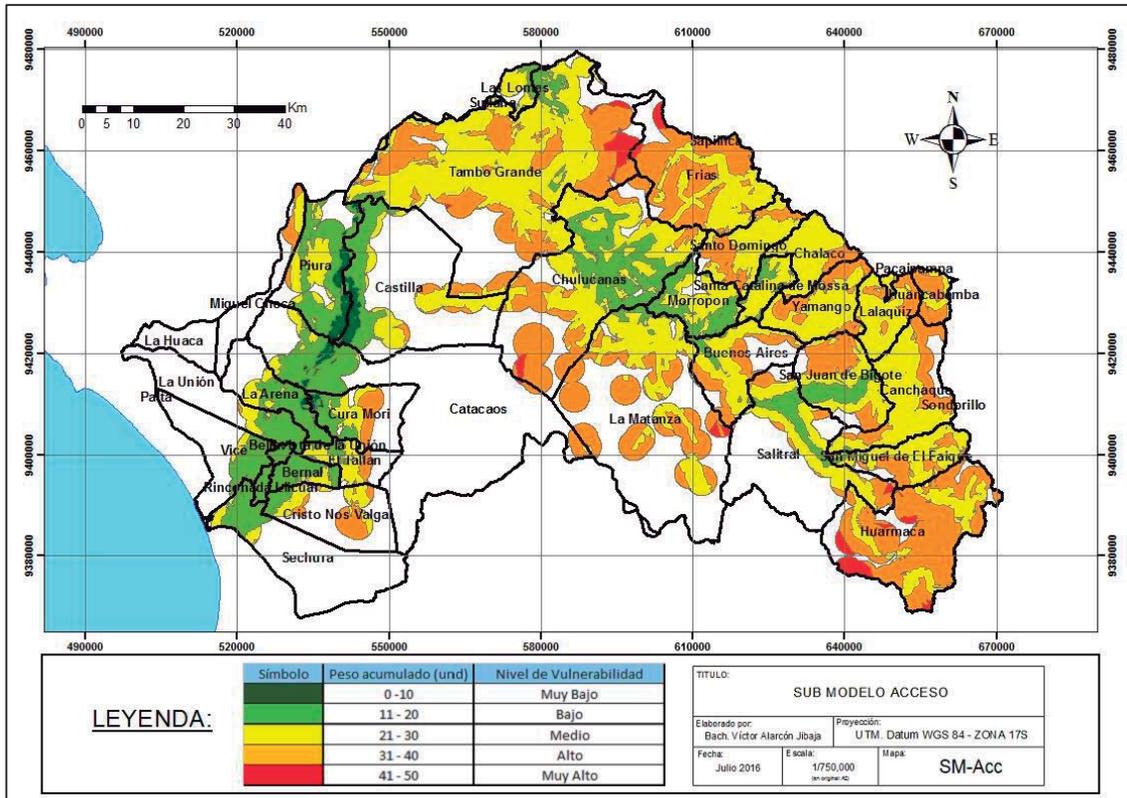
En el caso de la cuenca alta, el sub modelo representa de forma exacta la disponibilidad. Se puede observar que existe una zona de la cuenca alta donde no se registran problemas de disponibilidad, con grandes precipitaciones, es por esto que en su mayoría la sierra de Piura presenta una cobertura vegetal tipo ceja de selva. Es ahí, donde se produce más del 70% del recurso hídrico del río Piura, considerando que más del 70% de la cuenca se ubica en una zona árida y semiárida.

### 4.2.2. Sub modelo acceso

#### a) Condiciones de frontera

- No se dispone de información detallada sobre el acceso a los servicios primarios a nivel de centros poblados
- No se dispone de criterios válidos para determinar los rangos de influencia de los servicios básicos secundarios
- No se dispone de información sobre la ubicación actual de las instituciones gubernamentales en la gestión de los recursos hídricos
- No se consideró la categoría del servicio, sino la proximidad hacia este. Se asume que cada establecimiento debería mejorar a futuro.

Se puede observar en la figura 20, que la zona con mayor vulnerabilidad por accesibilidad a los servicios para el desarrollo productivo, se encuentran en la parte más alta de la cuenca en el distrito de Huarmaca, y una parte en el distrito de Tambo Grande. Los distritos de Piura y Castilla son los de mejor cobertura, junto a los de la parte baja y alta (centro) de la cuenca.



**Figura 20: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por accesibilidad**

b) **Discusión**

Dado que la modelación de los indicadores de acceso se realizó por proximidad, los resultados son muy buenos y representan las condiciones reales de la infraestructura disponible.

Asimismo, a través de este sub modelo se pueden identificar los centros poblados considerados como dispersos que están desconectados de la región.

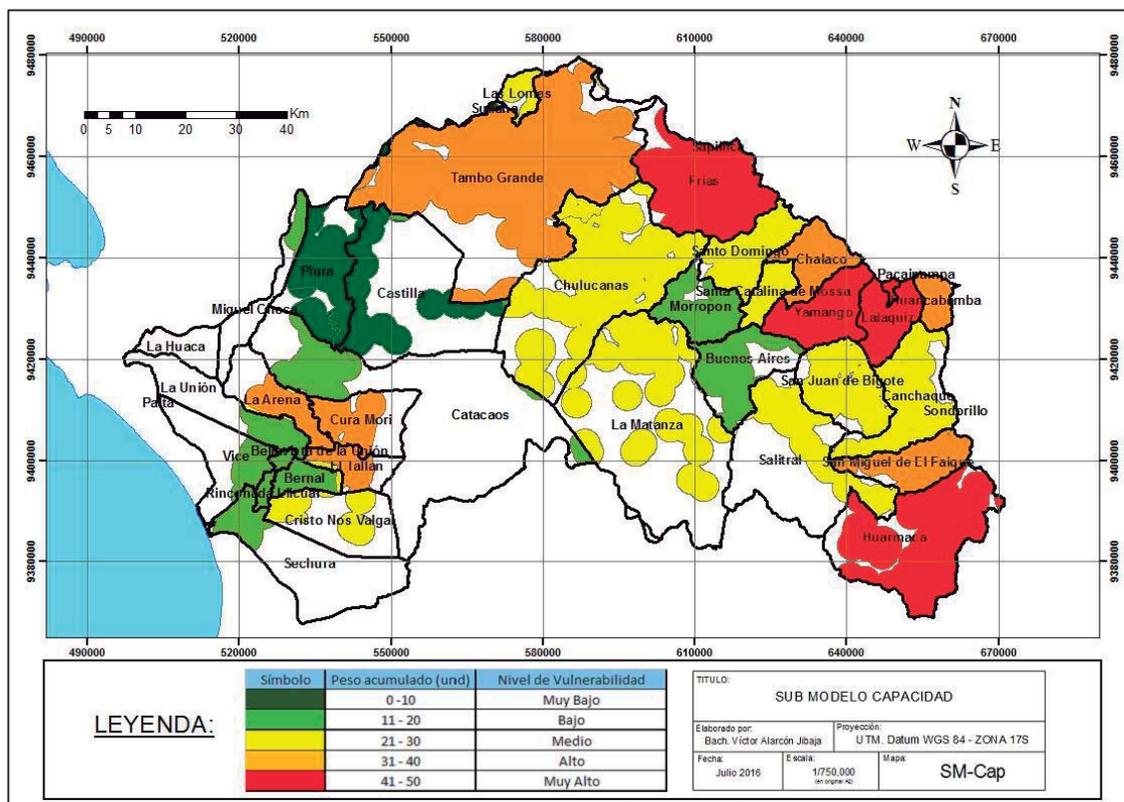
En su mayoría el sub modelo de Acceso presenta una vulnerabilidad baja media. Con excepción de algunas zonas con vulnerabilidad alta. Esto quiere decir, que la cuenca está parcialmente articulada pero aún se le faltan zonas alejadas como el distrito de Huarmaca.

#### 4.2.3. Sub modelo capacidad

##### a) Condiciones de frontera

- No se dispone de información detallada sobre indicadores socio-económicos a nivel de centros poblados.
- La información se trabajó con la población proyectada al 2015 del censo 2007 (INEI).

Se puede observar en la figura 21, que los distritos de Piura y Castilla son los de mejor capacidad para un desarrollo productivo. Así como, los distritos de Morropón, Buenos Aires y la parte baja de la desembocadura de los drenes del río Piura. Entre los distritos con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica por su capacidad productiva, se encuentran los distritos de Frías, Yamango, Lalaquiz y Huarmaca.



**Figura 21: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por competitividad**

b) **Discusión**

Los resultados del sub modelo de capacidad son a nivel distrital, por lo que se consideran como referenciales sobre la realidad social y económica actual en la población. Se sabe que cada distrito presenta un mayor desarrollo en su capital, esto se podría observar si se tuviera información de estos indicadores a nivel de centros poblados.

#### 4.2.4. Sub modelo uso

Se puede observar en la figura 22, que la zona con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica por el mal uso del recurso hídrico se encuentra en la parte alta de la cuenca en el distrito de Chulucanas. Así mismo, toda la zona media y baja presenta una vulnerabilidad media en las áreas de agricultura intensiva. La zona de baja vulnerabilidad está conformada principalmente por áreas agrarias de bajas demandas, como lo es la agricultura por secano (en las quebradas de la cuenca alta) y pastos.

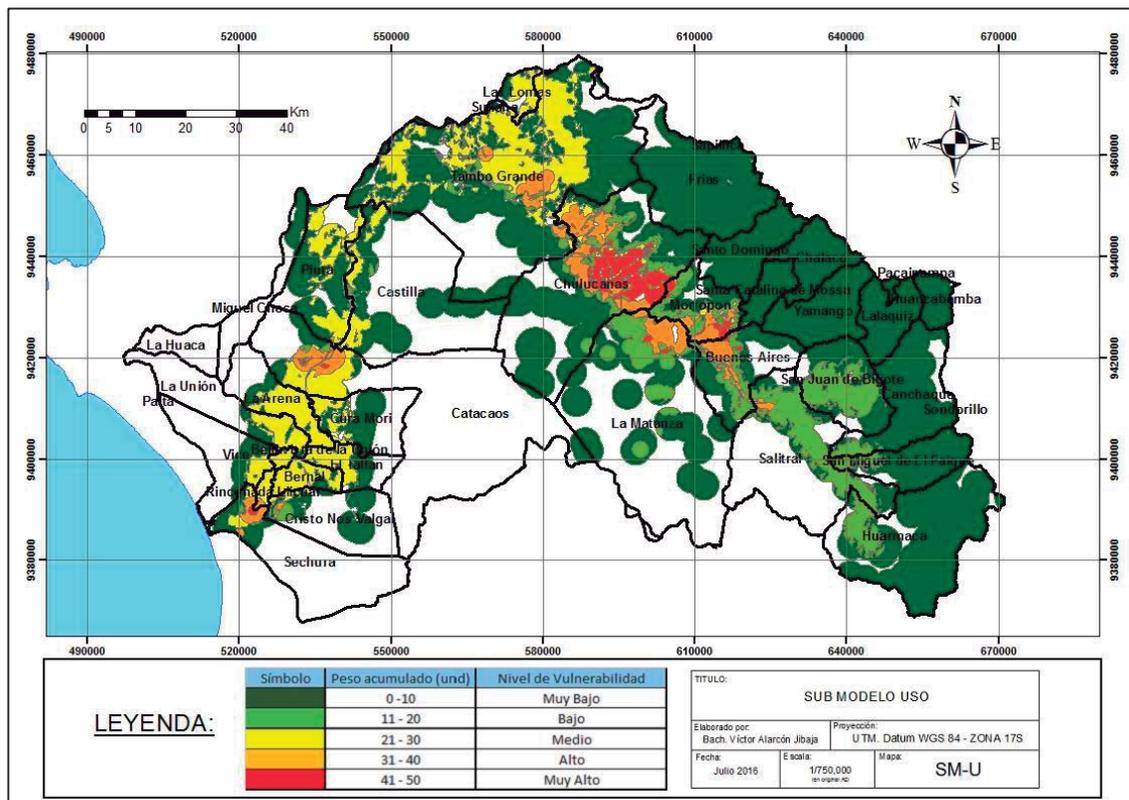


Figura 22: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por manejabilidad

a) Condiciones de frontera

- No se dispone de información detallada sobre balances hídricos a nivel de comisión de regantes. Sin embargo, se tiene información de dotación promedio para área de riego regulada y demanda anual.
- No se dispone de mayores puntos de observación de aguas subterráneas, a fin de poder distribuir de mejor forma los parámetros hídricos.
- No se dispone de información de eficiencias a nivel de comisión de regantes. Sin embargo, se dispone de información de cultivos y demanda.
- No se dispone de información de cobertura económica a nivel de comisión de regantes. Sin embargo, se dispone de información de dotación promedio y tarifa a nivel de comisión y por actividad económica.
- No se clasifico de manera detallada el conflicto de uso de suelo ya que presenta errores de superposición de capacidad de uso y actividades del uso actual.

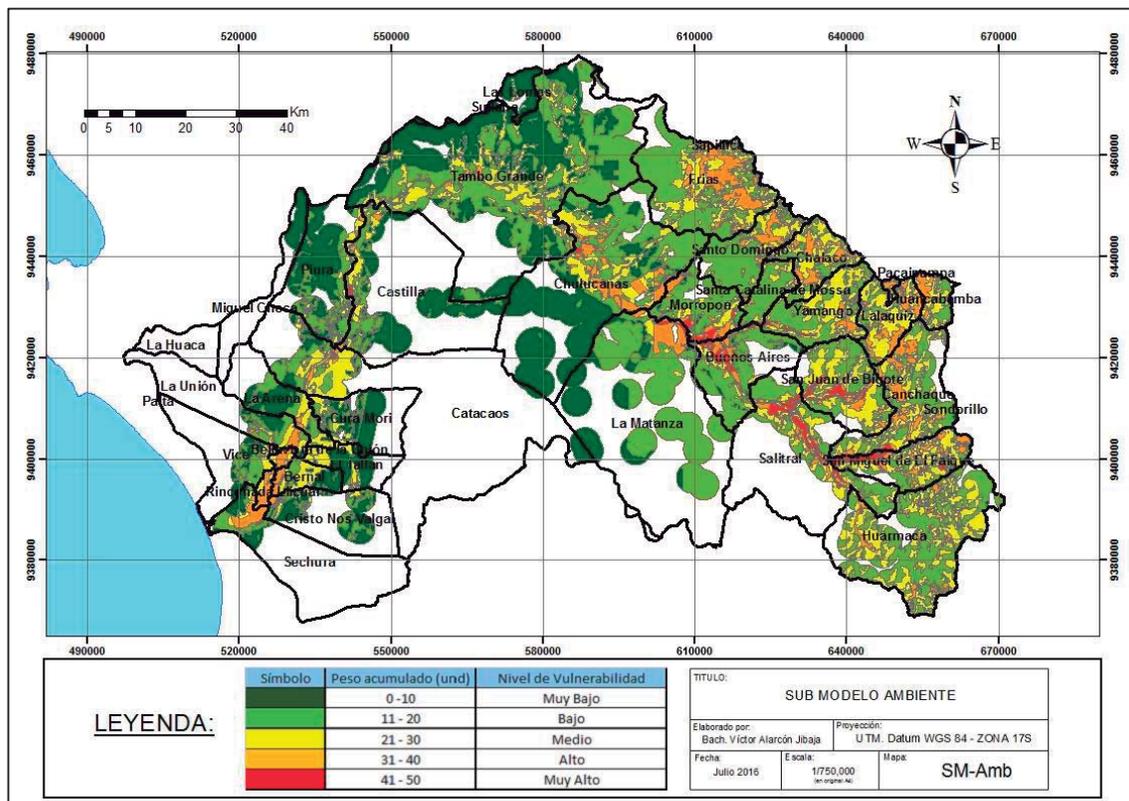
b) Discusión

Los resultados del sub modelo de uso reflejan principalmente, la presión y características de la demanda en la cuenca del río Piura. Es por esto, que la mayor vulnerabilidad se ubica en zonas de alta demanda por agricultura intensiva, que además se encuentra regulada por la ANA a través de derechos de uso.

La mejor forma de presentar los indicadores de este sub modelo es acondicionándolo a un mapa de comisión de regantes. Los pesos finales del sub-modelo se ajustaron para ser integrado con los demás, ya que no se produce una completa superposición cartográfica. El control y monitoreo de los indicadores de este sub modelo, es tarea de la ANA, por lo que este mapa sería de mayor utilidad si se tuviera información más detallada sobre la eficiencia y la gestión económica.

#### 4.2.5. Sub modelo ambiente

Se puede observar en la figura 23, que la zona con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica por el nivel de adaptabilidad ambiental se encuentra en la parte alta de la cuenca en los distritos de Morropón, Buenos Aires, Salitral y San Miguel de El Faique. Así mismo, la parte baja de la cuenca presenta grandes zonas de vulnerabilidad media alta.



**Figura 23: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por Adaptabilidad**

a) Condiciones de frontera

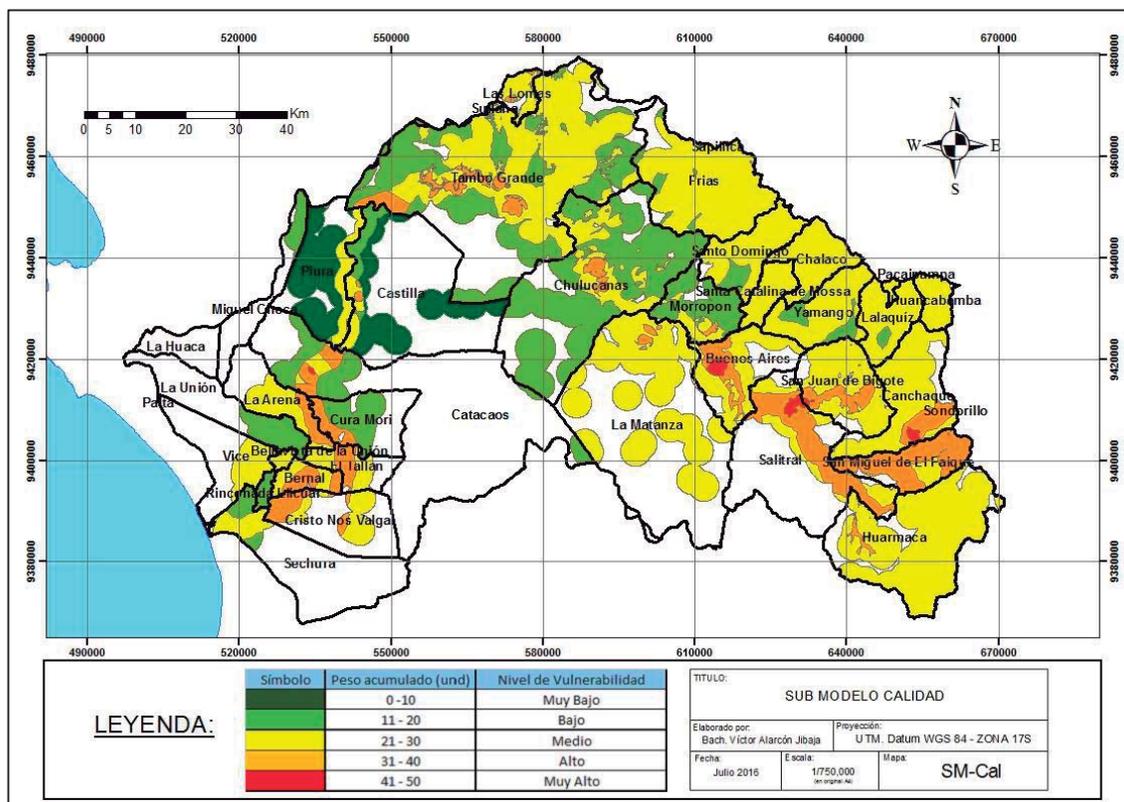
- La información utilizada en este sub modelo, fue proporcionada por el Gobierno Regional de Piura. Se trabajó con los resultados obtenidos en la ZEE – Piura realizada por un grupo multidisciplinario de profesionales. Sin embargo, se verificó el procedimiento de elaboración de cada mapa, encontrando algunas observaciones.
- Los mapas de peligros y vulnerabilidad son resultado de un modelamiento de parámetros físicos, por lo que resultan referenciales. Para mayor detalle se debe trabajar con modelos hidráulico-fluviales en el caso de inundaciones.
- Los mapas de recursos naturales presentan mejores resultados, ya que estos dependen principalmente de las características geográficas.

b) Discusión

Los resultados del sub modelo ambiente son representativos y dependen de la calidad del trabajo desarrollado en la elaboración de la ZEE. Dado que se trabajan con variables fisiográficas y climatológicas, el proceso de ponderación es muy relativo y requiere de mucha experiencia para su aproximación. Este sub modelo es el que presenta mayor cantidad de parámetros y variables para su elaboración, por lo que su análisis detallado se debe realizar a nivel distrital revisando cada una de las capas que lo componen.

#### 4.2.6. Sub modelo calidad

Se puede observar en la figura 24 que la zona con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica por las condiciones de salubridad existente está ubicada en la parte alta de la cuenca desde el distrito de Buenos Aires hasta San Miguel de El Faique y la parte baja de Piura. Así mismo, los distritos con menor vulnerabilidad son Piura, Castilla y Chulucanas.



**Figura 24: Mapa vulnerabilidad de la cuenca Piura por Salubridad**

- a) Condiciones de frontera
- La influencia de contaminantes se modeló bajo valores establecidos por instituciones como el ANA y el PNUD. De esta forma, se consiguió un resultado aproximado que puede ser mejorado con estudios e información más detallada.
  - La calidad hídrica superficial se clasificó según el estudio final del 2013 con 4 meses de muestreo. Es necesario establecer una mayor red de monitoreo que se encuentre bien distribuida.
  - La calidad hídrica subterránea se estableció bajo reglamento de uso para agricultura siendo esta la mayor actividad demandante. Sin embargo, solo se contó con información de una unidad hidrogeológica.

- Los parámetros de cobertura e influencia a la salud se hicieron de forma distrital, dado que no se dispone de información que delimite de forma más detallada este tipo de indicadores, sin embargo, esta primera aproximación nos permite tener una idea general del problema.

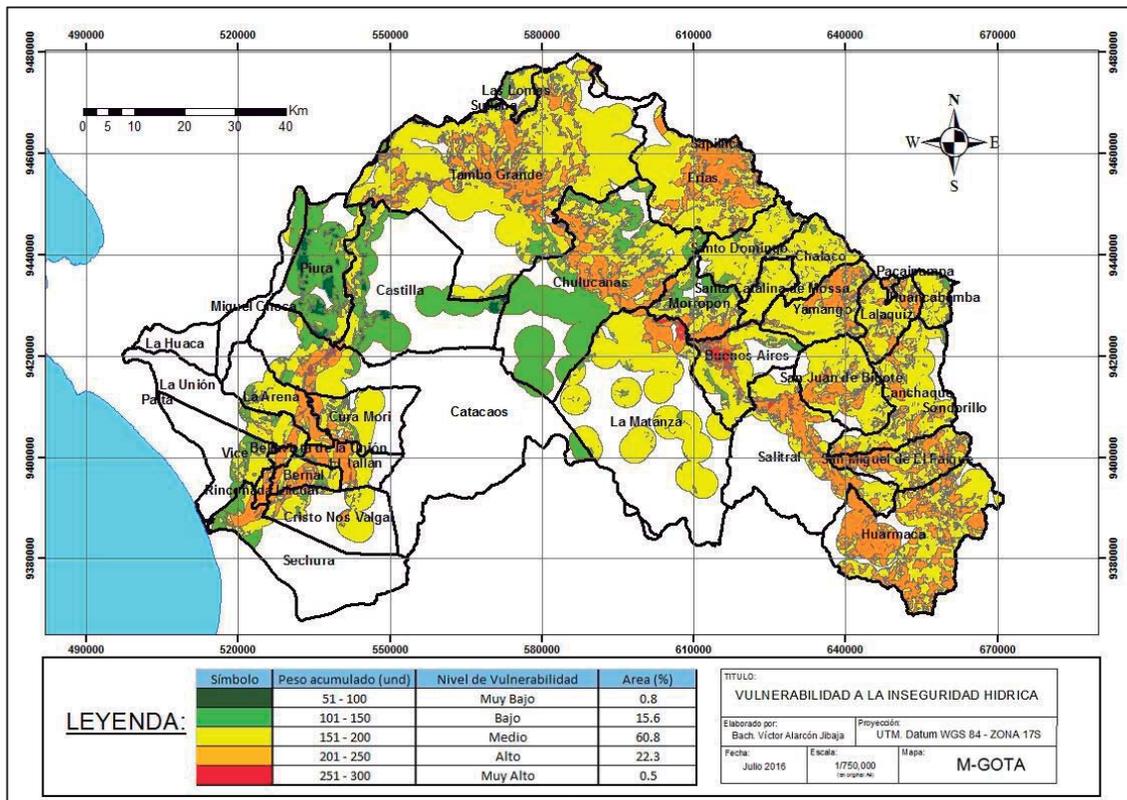
#### b) Discusión

Los resultados del sub modelo de calidad son aproximados, ya que se está trabajando con nuevas metodologías de elaboración y análisis de los indicadores que lo componen. Algunos de estos indicadores presentan un buen detalle de trabajo con buena información disponible, mientras que otros han sido trabajados de forma general mediante asociación de atributos.

Sin embargo, el sub modelo permite observar claramente la diferencia de las condiciones de salubridad entre la parte baja media de la cuenca y el resto. Esto se debe, a que la mayoría de proyectos de control y tratamiento de fuentes contaminantes se ha enfocado en la ciudad de Piura donde se encuentra la mayor población del departamento.

#### 4.2.7. Mapa final

Se puede observar en la figura 25, que la zona con mayor vulnerabilidad a la inseguridad hídrica se encuentra entre los distritos de Morropón y Buenos Aires. El área con menor vulnerabilidad está ubicada en los distritos de Piura y Castilla, así como el sur de Chulucanas.



**Figura 25: Vulnerabilidad a la inseguridad hídrica de la cuenca Piura**

- a) Condiciones de frontera
- Al ser un modelo nuevo, basado en un procedimiento general de “carga montón de problemas”, los resultados obtenidos son de primera aproximación para tener una visión multisectorial - global de la cuenca.
  - Cada sub modelo se ha tratado de trabajar bajo conceptos técnicos a fin de garantizar su representatividad. Sin embargo, debido a la falta de información por inexistencia o incapacidad de acceso, se han generado clasificaciones bajo criterios personales compartidos por ingenieros colaboradores.

- Los resultados dependen principalmente de la calidad de la información proporcionada por el ANA y el Gobierno Regional de Piura, y de los pesos ponderativos y participativos utilizados en la modelación.

b) Discusión

Los resultados del modelo GOTA reflejan la gravedad de la vulnerabilidad a la inseguridad hídrica en la población de la cuenca del río Piura. Más del 70% de la zona antrópica en análisis se encuentra con vulnerabilidad media alta. La parte de la cuenca alta, es la más afectada, es por esto, que se viene desarrollando un proyecto para esta zona denominado Proyecto Especial de Irrigación e Hidroenergético del Alto Piura (PEIHAP).

El modelo GOTA de la cuenca Piura permite integrar toda la información disponible de esta, a través de una metodología esquemática de sub modelos, compuestos por indicadores interrelacionados con el agua. De esta forma, se puede obtener una visión global de la situación en la que se encuentra la población e identificar las zonas prioritarias que deberán ser analizadas de forma más detallada bajo el esquema de los 30 indicadores GOTA.

#### **4.3. RANKING DISTRITAL**

Posteriormente, se agruparon las áreas delimitadas y clasificadas, a fin de obtener valores de vulnerabilidad a nivel distrital, generando listas de ranking a nivel general del modelo GOTA. Se consideró representar la información de forma distrital, ya que este espacio territorial es la unidad básica de decisión e intervención político - económica. Sin embargo, existen varios distritos que presentan un porcentaje mínimo de su área dentro de la cuenca Piura, por lo que los resultados de estos son únicamente referenciales.

La determinación del ranking se realizó asumiendo un peso relativo para cada rango de clasificación del modelo GOTA (50 - 300). Se trabajó con un promedio compuesto considerando el área y peso para cada polígono clasificado. El ranking muestra los distritos no necesariamente con mayor valor de puntaje de vulnerabilidad (problemas urgentes), sino con mayor peso acumulado (problemas importantes), distribuido en un área determinada. Es decir, los distritos con la mayor área con el mayor peso relativo, con respecto a su área antrópica total.

**Cuadro 9: Ranking distrital de vulnerabilidad a la inseguridad hídrica**

DISTRITO	Peso relativo	Ranking
Rinconada Llicuar	7.436748539	1
Bellavista de la Unión	7.188630091	2
El Tallan	7.091337528	3
Huarmaca	7.023394631	4
San Miguel de El Faique	6.970762775	5
Salitral	6.905516805	6
Frias	6.753207602	7
Yamango	6.612096403	8
Bernal	6.570595791	9
Lalaquíz	6.549776452	10
Buenos Aires	6.482738894	11
San Juan de Bigote	6.453066454	12
La Arena	6.41226146	13
Canchaque	6.373185411	14
Tambo Grande	6.364239249	15
Cristo Nos Valga	6.212710185	16
La Matanza	6.17005866	17
Cura Mori	6.140383592	18
Sapillica	6.03421756	19
Santa Catalina de Mossa	6.00769242	20
Chalaco	5.926519822	21
La Unión	5.883771373	22
Las Lomas	5.852573205	23
Catacaos	5.846661224	24
Santo Domingo	5.828054461	25
Morropon	5.792589559	26
Sechura	5.773338081	27
Huancabamba	5.760337634	28
Vice	5.379395148	29
Chulucanas	5.369932823	30
Paicapampa	5.364180522	31
Miguel Checa	4.419644682	32
Castilla	4.32579488	33
Sullana	4.119829875	34
Piura	3.97494431	35

#### 4.4. DISTRITO PILOTO

Se seleccionó el distrito de Buenos Aires, por presentar los problemas con mayor urgencia dentro de la cuenca Piura y la mayor diversidad de rangos de vulnerabilidad. Así mismo, el distrito se ubica en la parte alta de la cuenca, donde el modelo GOTA presenta los resultados más representativos y exactos, ya que no existe la intervención de fuentes externas a la cuenca como en la parte baja (canal Daniel Escobar).

Cabe resaltar, que el distrito de Buenos Aires pertenece en su mayoría a la sub cuenca Medio Alto Piura, aguas abajo de la sub cuenca bigote, con excepción de los centros poblados de Pampa Flores y Pueblo Nuevo que se encuentra en la sub cuenca Corrales y, los centros poblados de Chihuahua, Carrasquillo y La Toma, ubicados en la sub cuenca Medio Piura.

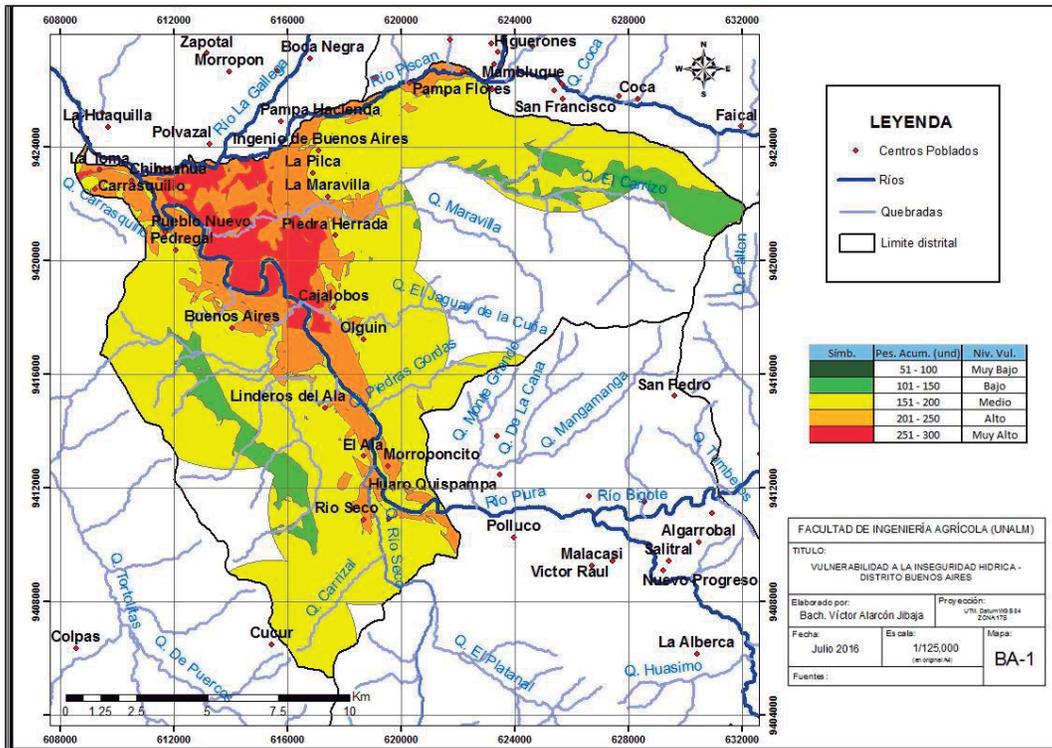


Figura 26: Distrito piloto de análisis “Buenos Aires”

#### 4.4.1. Sub modelos distrito Buenos Aires

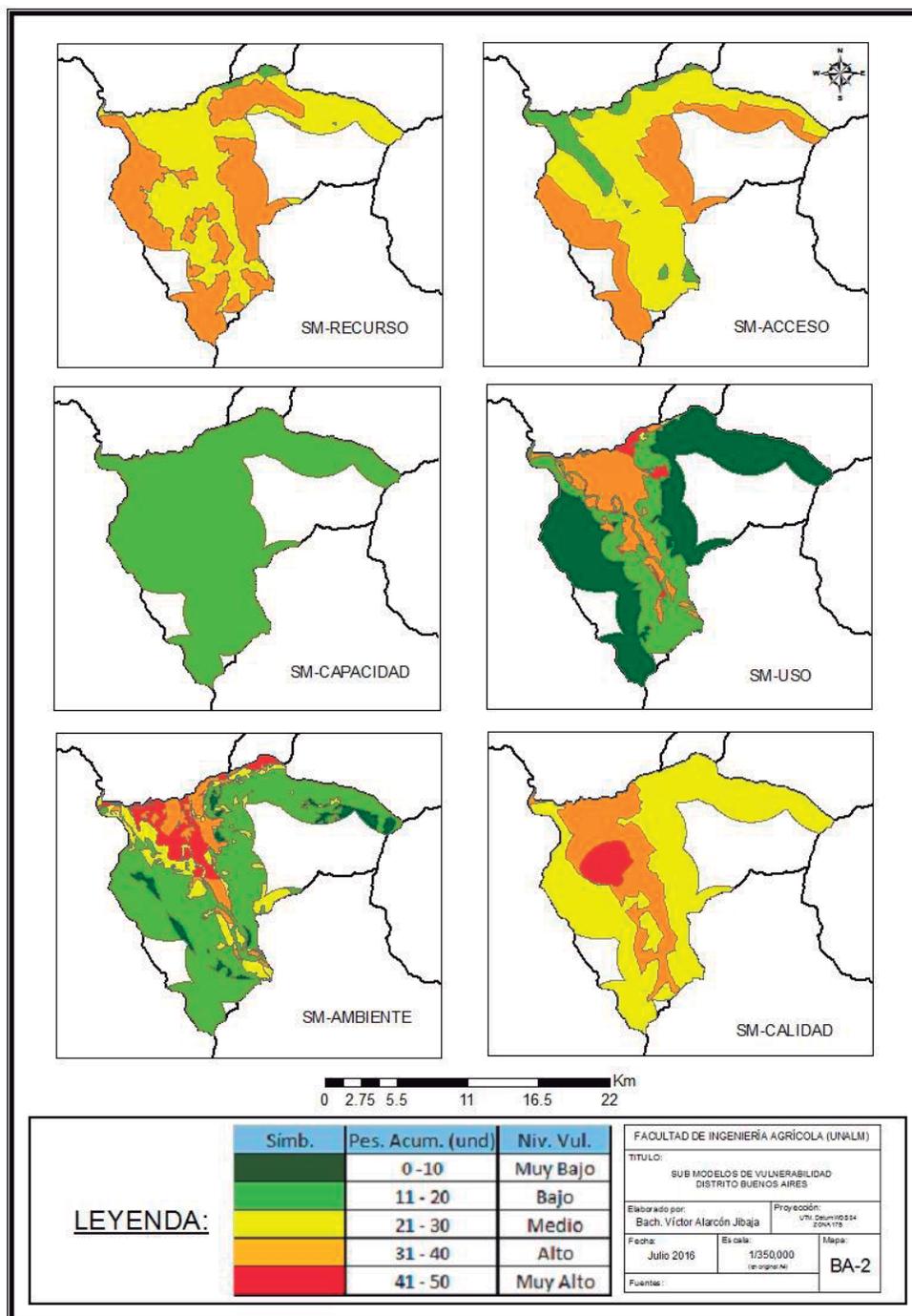


Figura 27: Sub Modelos del distrito de Buenos Aires

Se observa claramente que, los principales problemas corresponden a los sub modelos de calidad y ambiente, seguidos por acceso, uso y recurso. Este sería el orden probable para priorizar los proyectos de desarrollo en el distrito.

Se puede notar que, a pesar de ser el distrito con mayor vulnerabilidad a problemas de todos los niveles, presenta mejores indicadores sociales correspondientes al sub modelo de capacidad (junto a Morropón), a diferencia de los otros distritos de la cuenca alta. A través del análisis de cada sub modelo, se pueden determinar aún más detallado, los problemas sectoriales de forma estadística, así como vivencial en la población (información obtenida mediante la calibración de los resultados).

A continuación, se presenta el diagnóstico final para el distrito de Buenos Aires detallando cada indicador del modelo GOTA y clasificándolos bajo criterio personal sobre la influencia que tiene al entorno de su población (F = Fortaleza, O = Oportunidad, D = Debilidad y A = Amenaza).

**a) Sub modelo recurso**

- La disponibilidad hídrica per cápita nos muestra una zona de escasez absoluta “baja” según la clasificación del PNUD modificado. Esto se debe a que la diferencia de PP y ETo, es menor que en otros distritos que también presentan escasez absoluta, y la densidad de habitantes es baja (46 km<sup>2</sup>/hab). Se puede afirmar, que el recurso hídrico pluvial no se considera como fuente de agua para uso agrícola intensivo, sin embargo, existen 706 ha de cultivo por seco. (D)
- La disponibilidad hídrica subterránea nos muestra una gran zona de muy alta capacidad, esta pertenece al acuífero del alto Piura que se ubica debajo del cauce y en medio de la zona antrópica de Buenos Aires; este recurso es de gran importancia, tanto para el uso poblacional (aprox. 100%) y el uso agrícola, con limitaciones, en épocas de estiaje. (F)
- La demanda evapotranspirativa de la zona es muy alta, por consiguiente, la necesidad hídrica de los cultivos será mayor, entre los cultivos más importantes tenemos el banano

orgánico y el arroz. Este último es el que suele ser rotado con cultivo de soya en épocas de escasez dado que presenta menor requerimiento hídrico. (D)

- El índice de aridez meteorológica nos muestra una zona semiárida con probabilidad de sequías moderadas a altas. La última de esta fue durante los años 2011 al 2015. La población no tiene capacidad para gestionar el recurso durante este tipo de fenómenos, por lo que se generan pérdidas económicas. (A)
- El nivel de aportación hídrica es muy alto, esto se debe al buen rendimiento hídrico de esta zona. Su uso es principalmente agrícola durante los meses de diciembre hasta junio, a través de un sistema rústico de captación y distribución. El distrito presenta 3 fuentes fluviales, una de estas presenta capacidad de represamiento. (O)

**b) Sub modelo acceso**

- Los servicios básicos primarios, correspondientes a agua potable, alcantarillado y electricidad, presentan un buen puntaje. Los rangos de carencia para cada servicio son de 20% a 25 %, de 5 a 23% y de 35 a 57%, respectivamente. Sin embargo, la infraestructura necesita mantenimiento, mejoramiento y ampliación. (F)
- Los servicios básicos secundarios, correspondientes a establecimientos de salud, educación y TIC, presentan un buen puntaje concentrado en la zona noroeste, mientras que la zona central sur correspondiente a los centros poblados Olguín y Linderos presentan un bajo puntaje. Existen 12 centros educativos y 5 centros de salud dentro de la cuenca, además de 7 estaciones de telecomunicación cercanos al distrito. (F)
- La infraestructura vial está compuesta solo de una vía principal en el centro del distrito, se puede observar que existen dos estaciones de transporte (aeródromos) en los distritos aledaños. Si bien la cobertura es buena, existen tramos de trocha para llegar a los centros poblados más alejados, un puente de un solo carril que cruza el río Piura y dos cruces de ríos sin puente, que en épocas de avenida no pueden ser transitados, aislando a la población. (D)

- La cobertura hidráulica fluvial es muy buena dado que la población se ha establecido muy cerca al cauce del río Piura. La red fluvial está compuesta principalmente de dos cauces, siendo uno de estos el del río Piura y su afluente Las Juntas, conformado por los ríos La Gallega y Piscan en el límite distrital superior. Así mismo, dentro del distrito se observan 3 quebradas intermitentes que son El carrizo, Maravilla y el Jaguay de la Cuña. Sin embargo, no se observa infraestructura hidráulica mayor, solo sistemas de riego menores. (O)
- La cobertura institucional técnica informativa corresponde a las estaciones meteorológicas Morropón y Huancabamba, no se dispone de estaciones hidrométricas cercanas ni puntos de muestro superficial. La cobertura institucional política decisiva está representada por la municipalidad distrital de Buenos Aires, que realiza talleres participativos con los CODECO y la comisión de regantes Ingenio. (F)

c) Sub modelo capacidad

- El índice de desarrollo humano (IDH) del distrito se encuentra por encima de otros pertenecientes al alto Piura, se considera de nivel medio (0.53 a 0.55). Este indicador se refleja en la capacidad productiva de la población con respecto a la agricultura de exportación. (O)
- El nivel de pobreza en el distrito es medio con un valor, al 99% de confianza, de 46.6 a 61.7, esto se puede observar en la producción de servicios como transporte, mecánica menor y alimentación, así como la venta de productos alimenticios. La población prefiere desarrollar micro empresas privadas. (F)
- La tasa de analfabetismo para personas mayores a 14 años es baja con respecto a los demás distritos cercanos, con un valor entre 6% y 10%. Este porcentaje está conformado principalmente por las personas de avanzada edad. (F)
- La tasa de desnutrición crónica para niños menores a 5 años es muy baja, con un valor de 1 a 10%. Esto se refleja principalmente en niños de los centros poblados más alejados a los servicios de agua potable y que presentan un desorden alimenticio. (F)

- Las necesidades básicas insatisfechas (NBI) para al menos 1 necesidad presenta un nivel bajo medio, con un valor de 30.9%; esto se debe a que la cobertura de servicios básicos primaria y secundaria es relativamente buena. (F)

Es importante aclarar que, los indicadores del sub modelo capacidad representan características socio-económicas de la población que son muy representativas, dada su gran variabilidad a nivel familiar y requieren de una recopilación y evaluación muy detallada.

**d) Sub modelo uso**

- El índice de balance hídrico consuntivo anual muestra que el distrito posee una zona de agricultura intensiva con una demanda alta con respecto a la oferta (82.9%), a nivel de junta de usuarios no muestra déficit hídrico; sin embargo, la buena disponibilidad hídrica superficial no es reservada para los meses de estiaje y la red de pozos presenta deficiencias de operación y mantenimiento. (D)
- La influencia de explotación hídrica subterránea entre pozos es media, con excepción de la parte sur del distrito, donde hay una mayor presión de influencia por extracción, ya que, la cabecera de cuenca presenta una transmisividad bastante elevada. (D)
- La eficiencia hídrica para conducción y distribución es baja para uso agrícola (60%) y más baja para uso poblacional (50%). Para el uso agrícola, el sistema de riego utilizado es por gravedad y la infraestructura está deteriorada. Mientras que, para el uso poblacional, la infraestructura necesita mantenimiento y reparación. (D)
- La cobertura económica de los gastos en OyM, sumados a los de GIRH representa solo el 50%. Para la junta de usuarios del alto Piura, la tarifa cubre el 70% de la infraestructura menor. Mientras que, la retribución económica por derecho de uso del recurso hídrico cubre el 30% de los costos en la GIRH. No existe retribución económica por vertimiento. (D)
- Dentro de los conflictos de uso de agua, se presenta un conflicto en la parte norte, entre los sistemas de riego no regulado El Huaro y Maray, y la comisión de Regante el Ingenio por oportunidad del recurso hídrico. Con respecto a los conflictos de uso de

suelo, se presenta un conflicto por sub uso de tierras con bosques naturales y zonas de uso pecuario que presentan buena calidad agroecológica para cultivos permanentes y en limpio; y un conflicto por sobre uso de tierras que son de protección, pero están siendo utilizadas para uso pecuario extensivo y en algunos casos hasta agricultura intensiva. (A)

e) Sub modelo ambiente

- El nivel de multipeligrosidad en el distrito es bajo - medio, el principal peligro para el distrito es la inundación de las áreas cercanas al cauce, seguido de deslizamientos en quebradas y erosión de suelos. Estos se desarrollan durante la época de avenidas y de fuerte precipitación perjudicando cultivos e infraestructura. (A)
- El nivel de vulnerabilidad en el distrito es alto, dado que la zona de peligro involucra la mayor parte de la zona antrópica norte del distrito. Esto se debe a la falta de infraestructura de drenaje y de protección (defensas ribereñas), además de prácticas de conservación y encauzamiento. La población no se retira de las zonas vulnerables a deslizamientos. En cuanto a la vulnerabilidad ante sequias, se considera media, con excepción de las zonas de agricultura por secano. (D)
- El estado físico actual del distrito está conformado por grandes zonas de deforestación intensiva en las márgenes de las quebradas, ocasionando un proceso de erosión acelerada. No existen planes de manejo y conservación de los bosques secos. (A)
- El potencial de biodiversidad se encuentra principalmente en la zona noreste. El distrito presenta una pequeña zona con potencial agrícola para el café y actividad acuícola, así como grandes áreas con alta calidad agroecológica. El potencial forestal está caracterizado por los bosques secos de diferentes densidades. Mientras que el potencial minero, por agregados para construcción, cerca del cauce, y metales preciosos (oro y plata), en la parte alta. (O)

- El potencial de recursos energéticos es bajo medio, si bien el distrito se encuentra conectado a la red nacional, las posibles fuentes de energías renovables serían la hidroenergética seguida de la energía solar. (O)

f) Sub modelo calidad

- La influencia de contaminantes es alta, se presenta un vertimiento y un botadero muy cercanos a la capital distrital. Así mismo, se presenta bastante uso de letrinas en la población que no cuenta con servicios de saneamiento. (A)
- La calidad hídrica superficial se encuentra dentro del ECA categoría 1-A2 (ANA 2013). Sin embargo, no se observa ningún punto de muestreo cercano, por lo que no necesariamente, el recurso se encuentra en esa categoría. Dado que el uso del recurso hídrico superficial es principalmente agrícola, no existirían problemas en la calidad asumida. (O)
- La calidad hídrica subterránea para riego presenta un nivel bajo - medio. Si bien el pH se encuentra dentro de los rangos aceptables (6.5 a 8.4), la conductividad se encuentra con un grado de restricción moderado, con valores de 0.7 a 3  $\mu\text{mhos/cm}$ , lo que se refleja en salinidad, así como los sólidos totales disueltos (STD) con valores de 450 y 2000 ppm. (D)
- El distrito de Buenos Aires no presenta una planta de tratamiento de agua potable y agua residual sofisticada. Para el abastecimiento de agua potable se realiza un tratamiento convencional en las estaciones de bombeo, mientras que las aguas servidas se tratan bajo un sistema de lagunas de oxidación que se encuentra colmatadas por falta de una correcta operación y mantenimiento (A)
- El nivel de enfermedades relacionadas con el agua, para niños menores de 5 años, es medio alto, en comparación con los otros distritos de la parte alta. Los porcentajes de incidencia para las IRA y los EDA durante el año 2015 son de 11.8% y 3.5%, respectivamente. Para el caso de las IRA, estas suelen producirse en épocas de invierno por la baja de temperatura, desnutrición y por la falta de atención inmediata; mientras

que, en el caso de las EDA, estas están directamente relacionadas con la desnutrición, la falta de cloración en el agua y falta de higiene. (A)

A través de un análisis de cada indicador GOTA a nivel distrital, se pudo obtener un diagnóstico resumido de la situación real en la que se encuentra la población de Buenos Aires, donde cada indicador muestra el nivel del problema, desde una perspectiva estadística y espacial; y una matriz FODA, bajo criterio personal, con las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del distrito ante el problema de una futura inseguridad hídrica.

**Cuadro 10: Matriz FODA distrito de Buenos Aires**

MATRIZ FODA BUENOS AIRES	
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad hídrica subterránea</li> <li>• Servicios básicos primarios</li> <li>• Servicios básicos secundarios</li> <li>• Cobertura institucional</li> <li>• Nivel de pobreza</li> <li>• Tasa de analfabetismo</li> <li>• Tasa desnutrición crónica</li> <li>• Necesidades básicas insatisfechas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aportación hídrica superficial</li> <li>• Cobertura hidráulica fluvial</li> <li>• Índice desarrollo humano</li> <li>• Potencial de biodiversidad</li> <li>• Potencial de energías</li> <li>• Calidad hídrica superficial</li> </ul>
DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidad hídrica per cápita</li> <li>• Demanda evapotranspirativa</li> <li>• Infraestructura vial</li> <li>• Balance hídrico consuntivo</li> <li>• Índice de eficiencia hídrica</li> <li>• Índice de gestión económica</li> <li>• Nivel de vulnerabilidad</li> <li>• Calidad hídrica subterránea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Índice de aridez meteorológica</li> <li>• Conflictos de uso</li> <li>• Nivel de peligrosidad</li> <li>• Estado físico actual del suelo</li> <li>• Influencia de contaminantes</li> <li>• Tratamiento de agua</li> <li>• Enfermedades relacionadas con el agua</li> </ul>

A partir de estos resultados, que representan un diagnóstico completo y didáctico sobre la situación de la población, se puede dar el siguiente paso en la GIRH que consiste en planificar el desarrollo sostenible, a través de dos grandes componentes que son el plan de gestión de los recursos hídricos por parte de la comisión de regantes pertinente al distrito junto a la Autoridad Local del Agua (ALA) y el plan de gestión integral propiamente del distrito.

#### **4.5. VALIDACIÓN MODELO GOTA**

Finalmente, a través de una presentación de los resultados obtenidos se realizó la validación del modelo GOTA como herramienta para compartir, transmitir la problemática y sensibilizar a las autoridades pertinentes a los centros poblados.

Los representantes poblacionales, asimilaron el modelo de forma visual, a través de colores primarios representativos: verde (pocos problemas), amarillo (regulares problemas) y rojo (muchos problemas). Si bien, el término de seguridad hídrica como concepto no fue muy entendido, dada su compleja definición, el problema de escasez hídrica relacionada al cambio climático, si se comprendió muy bien.

La presentación de los resultados permitió que las autoridades tengan un panorama global de la su situación, para luego recibir una charla sobre la importancia de los talleres participativos donde pudieron compartir sus necesidades, a fin de establecer proyectos de gran impacto que cumplan con los requisitos de sustentabilidad y rentabilidad.

Las autoridades de los Comité de Desarrollo Comunitario (CODECO), enfatizaron la necesidad de puentes en los cruces principales de la red vial, a fin de no quedar incomunicados en épocas de crecidas. También se propuso el encauzamiento de las quebradas para evitar desbordes y deslizamientos, y la construcción de defensas ribereñas. Cabe destacar, que no se comentaron necesidades con respecto a la escasez del recurso, el uso de sistemas más eficientes o el tratamiento del agua para abastecimiento y vertimientos.

## V. CONCLUSIONES

1. El modelo GOTA aplicado a la cuenca del río Piura permitió integrar toda la información disponible de esta, a través de una metodología esquemática. De esta forma, se obtuvo una visión global de la situación en la que se encuentra la población y se identificaron las zonas prioritarias que fueron analizadas de forma más detallada a nivel local.
2. Los procedimientos utilizados para el modelamiento de los indicadores propuestos personalmente (Acceso, Uso y Calidad) se consideran representativos, ya que fueron calibrados en campo para un distrito piloto que comparte condiciones ambientales similares al territorio del Medio y Alto Piura.
3. La validación del modelo como herramienta base para la GIRH se realizó de manera exitosa, a través de la concientización de la problemática a las autoridades de los centros poblados. Mientras mayor sea el número de personas que reconozcan su situación y la comprendan de forma multisectorial, mejores serán los resultados de las intervenciones realizadas por el gobierno.
4. Finalmente, se determinó el posible orden de priorización para el desarrollo de planes estratégicos, políticas y proyectos a nivel distrital. A través de la comunicación y trabajo colectivo con las direcciones regionales de los ministerios (DIRESA, MVCS, MINEDU, MINAGRI, MINAM.), y programas sociales (MIDIS, FONCODES), el distrito de Buenos Aires podría encaminarse hacia un futuro desarrollo sostenible, conforme vaya solucionando cada uno de sus problemas y aproveche de manera sustentable y sostenible sus recursos antrópicos y naturales.

## VI. RECOMENDACIONES

1. A diferencia del modelo de zonificación ZEE, que brinda resultados de ordenamiento territorial con una clasificación bastante diversificada del manejo del suelo, el modelo GOTA integra toda la información para determinar un resultado directo que sintetiza una gran base de datos, por lo que son aproximados y referenciales en primera instancia. Para realizar un análisis más detallado se debe trabajar con un distrito específico.
2. Es importante trabajar con información lo más actualizada posible, para esto no se debería depender únicamente de los censos poblacional y agropecuario desarrollados a nivel nacional, sino que cada distrito debería mantener su información local actualizada a través de mecanismo de colecta de información participativa y monitoreada.
3. Dado que el territorio trabajado corresponde a toda la cuenca del río Piura, el proceso de calibración para la zona baja, media y alta demandaría mucho tiempo y dinero. Por tal motivo, se optó por realizar la calibración con un distrito piloto cuyos resultados serían representativos para el sector medio alto de la cuenca. Para la parte baja, se debería realizar la calibración del modelo en un distrito piloto ubicado en este sector.
4. Considerando que actualmente, se viene desarrollando un plan de gestión de los recursos hídricos de la cuenca Chira – Piura, donde existen 3 proyectos registrados en el SNIP para el distrito piloto y otros proyectos gestionados por la municipalidad distrital, estos se pueden utilizar como base para establecer un plan de gestión a nivel distrital completo con una gama de proyectos para cada indicador GOTA de análisis.
5. El modelo GOTA ha sido realizado totalmente con herramientas del software ArcGis, por lo que su automatización a través de la programación de cada proceso mediante la

herramienta model builder es posible, sin embargo, este trabajo requiere de mucho tiempo por lo que no se realizó.

6. Las múltiples combinaciones de los 30 indicadores pueden explicar de forma estadística y visual, la situación de la población, a través de una secuencia de causas - consecuencias por sectores de análisis. Esta es la forma correcta de evaluar integralmente los problemas desde diferentes enfoques.
7. El modelo también sirve como una herramienta de monitoreo para supervisar el avance del plan de gestión de la cuenca, a medida que se vayan desarrollando los proyectos planificados. Esto permitiría reconocer que sectores gubernamentales son los que no están cumpliendo con lo programado.
8. El modelo GOTA está abierto a una gran variedad de posibilidades de uso, desde un análisis básico compartido a la población para la promoción de su sensibilización y participación, hasta un análisis detallado de una situación específica. Todo ello dependerá de la cantidad y principalmente, de la calidad de la información que se disponga.

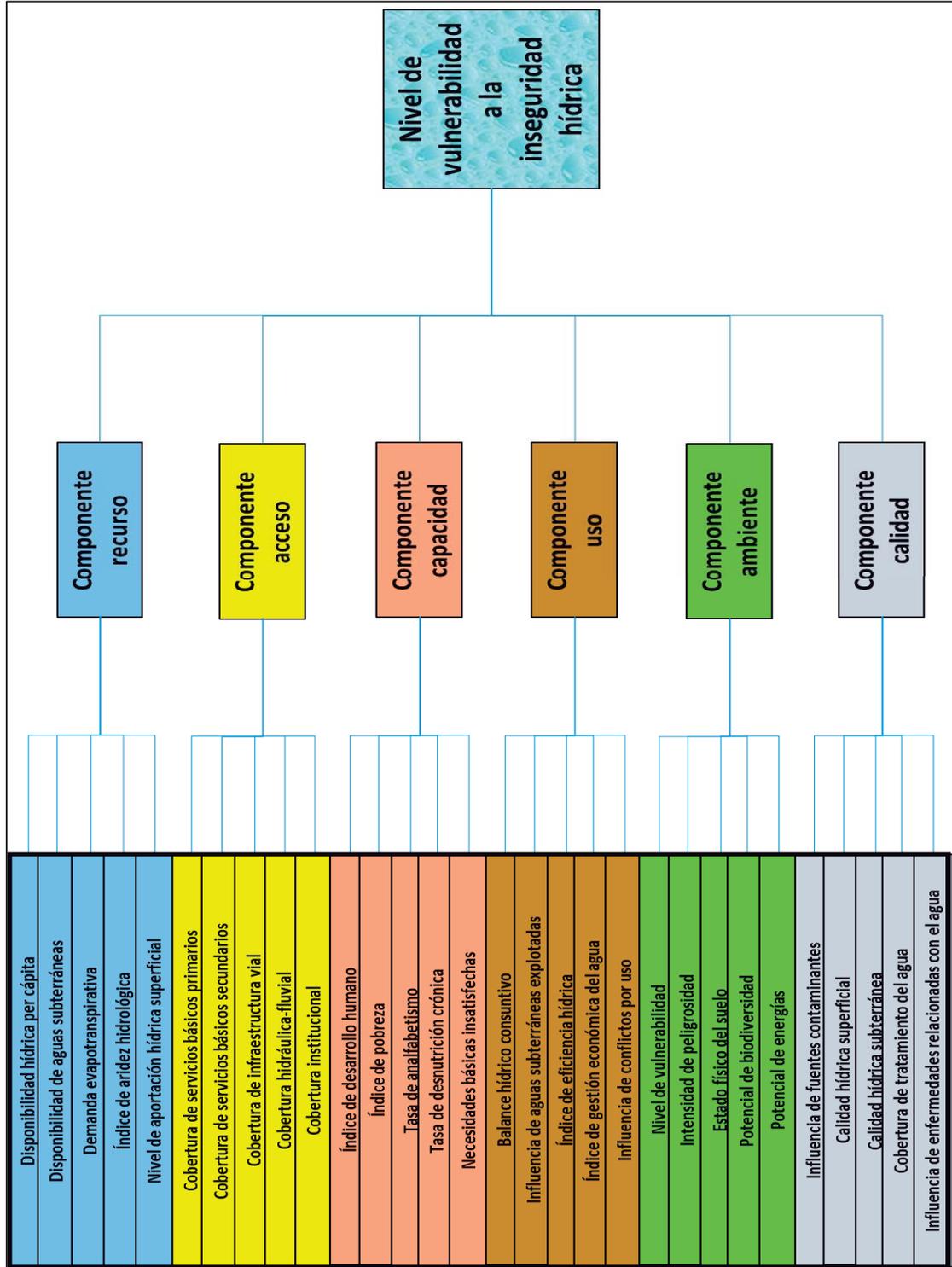
## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Abraham, E.; Fusari, M.; Salomón, M. 2005. Índice de Pobreza Hídrica. Adaptación y ajuste metodológico a nivel local. Estudio de caso: Departamento Lavalle. Mendoza - Argentina.
2. Chavarri, E., 2012. Informe Final: Propuesta de asignación de agua en bloques – volúmenes mensuales y anual para los valles del Chira y Medio y Bajo Piura. Programa de formalización de derechos de uso de agua.
3. Dourojeanni, A. 1991. Complejidad del proceso de gestión del agua. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
4. García, M. 2013. Seminario – taller: Uso de las cuentas de capital natural en la política pública WAVES. Subdirección de Hidrología. IDEAM. Colombia.
5. GWP, 2009. Manual para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico. Por Global Water Partnership (GWP) y la Red Internacional de Organismos de Cuenca (International Network of Basin Organizations, INBO).
1. Jibaja, J. 2012. Informe Especial: Peligrosidad de las crecientes del río Piura con el paso del tiempo. Piura, Perú.
2. Jiménez, M. 2007. Construcción del índice de pobreza de agua para el recurso hídrico superficial, estudio del caso para 24 municipios de la cuenca del río Bogotá. Cundinamarca – Colombia. Tesis. Pontificia Universidad Javeriana.
3. La HAYA, 2002. Holanda. Segundo Foro Mundial del Agua: Visión Mundial del Agua.
4. López, B.; Ramos, J.; Santa, G.; Moran, J; Carranco, S.; Noyola M.; Pineda, L. 2013. Cálculo del Índice de Pobreza del Agua en zonas semiáridas: Caso Valle de San Luis Potosí. México. Rev. Instituto de Contaminación Ambiental pág. 249-260.
5. MINSA, 1999. Estándares de infraestructura y equipamiento de primer nivel de atención. Dirección general de salud de las personal.
6. Parga, F.; León, A.; Vargas, X.; Fuster, R. 2005. El índice de pobreza hídrica aplicado a la cuenca del río Limari en Chile Semiárido.
7. Peña, H. 2016. Desafíos a la seguridad hídrica en América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago de Chile.

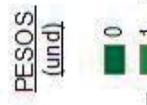
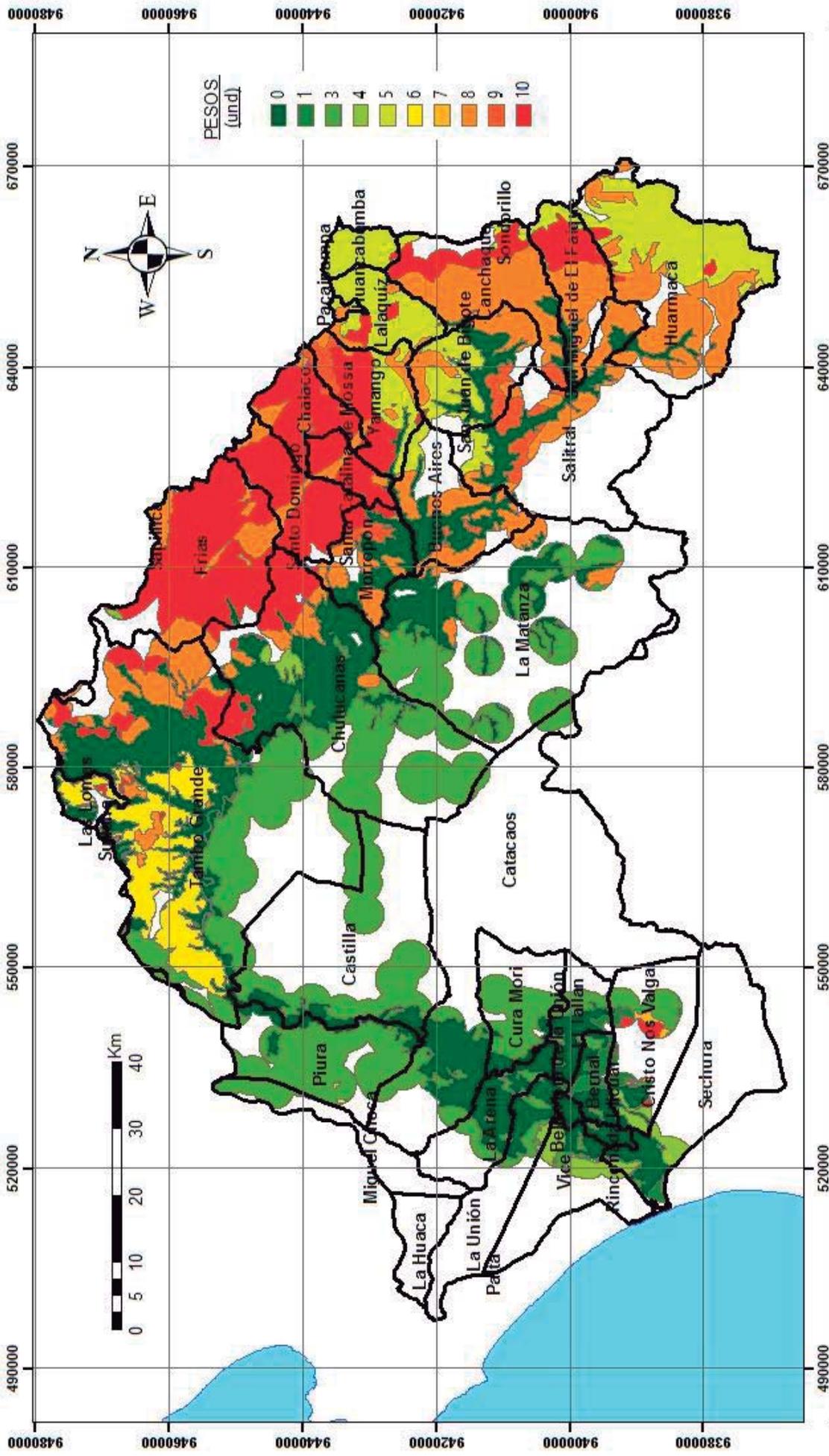
8. PMGRH – ANA. 2012. Informe Principal: Diagnostico de la Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira – Piura. Elaborado por Consorcio Inclam – Alternativa.
9. PMGRH – ANA. 2013. Informe Final: Plan de Gestión de los Recursos Hídricos de la Cuenca Chira – Piura. Elaborado por Consorcio Inclam – Alternativa.
10. PNUD (Programa de las Naciones Unidas). 2006. Editorial Aedos s.a. Informe sobre Desarrollo Humano. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Capítulo 4: Escasez de agua, riesgo y vulnerabilidad.
11. Ramos, R.; Vidal, V. 2010. Aplicação do Índice de Pobreza Hídrica (IPH) para Semiárido Cearense, nordeste do Brasil.
12. Rodríguez, F. 2007. Manual para la Zonificación Ecológica y Económica a nivel macro y meso. Proyecto Diversidad Biológica de la Amazonia Peruana – BIODAMAZ (Perú – Finlandia). Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP).
13. Sullivan, C. 2002. Calculating a Water Poverty Index. En: World Development Vol. 30, No. 7, pp. 1195–1210. Centre for Ecology and Hydrology, Wallingford, UK. disponible en: [www.elsevier.com/locate/worlddev](http://www.elsevier.com/locate/worlddev)
14. Vásquez, A. 2015. Gestión del Agua. Curso. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM).
15. Vera, H.; Acuña, J.; Yemen, J. Balance Hídrico Superficial de las cuencas de los ríos Chira y Piura. Dirección General de hidrológica y recursos hídricos. SENAMHI.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Esquema General del Modelo GOTA







**TITULO:** DISPONIBILIDAD HÍDRICA SUBTERRÁNEA

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón-Jilaja

Fecha: Julio 2016

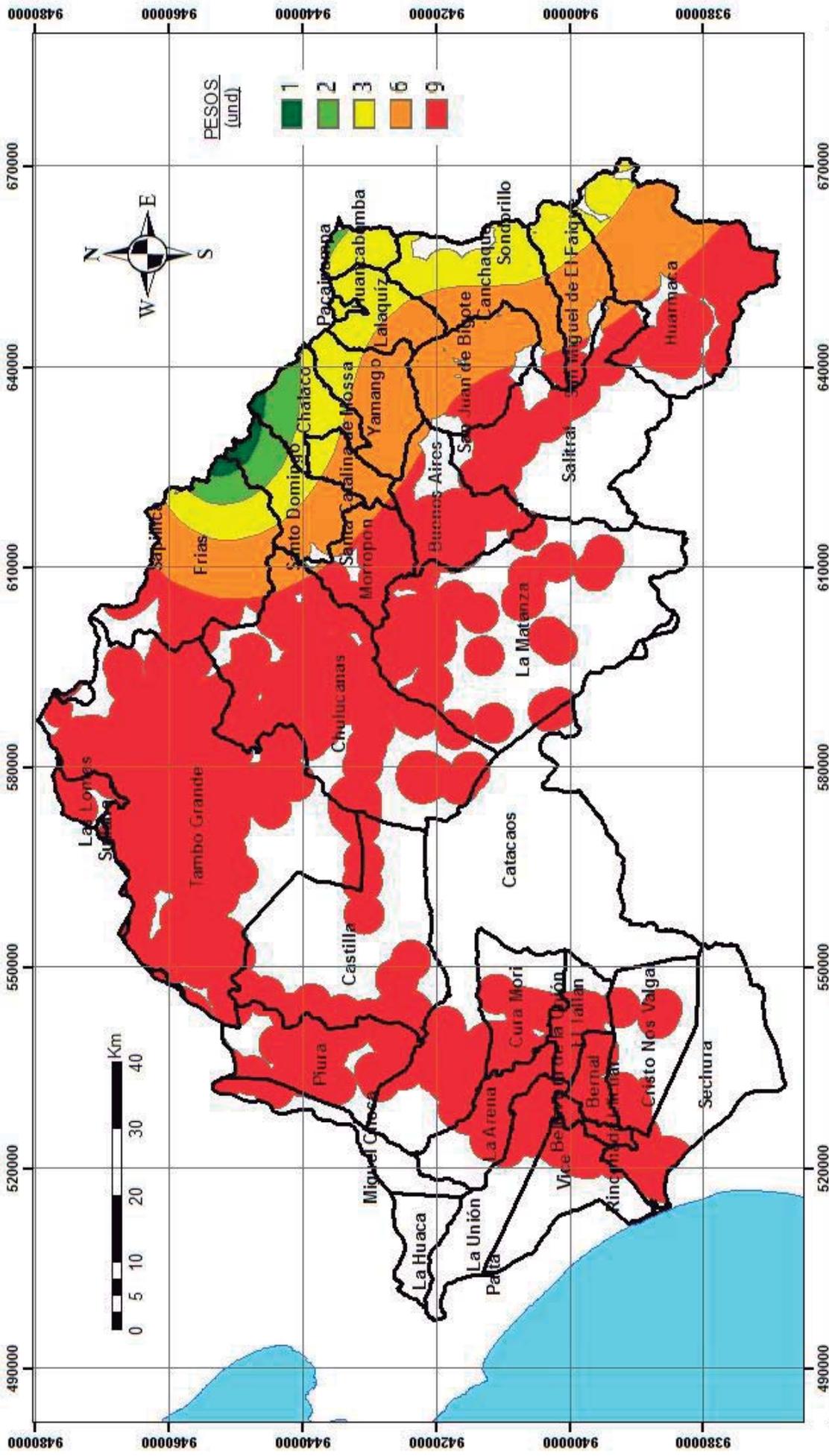
Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Escala: 1/750,000

Mapa: IG - 2

HIDROGEO_3	UHG_C	valor_peso
Media	6	6
Baja a media	7	7
Baja	8	8
Muy baja	9	9
Sin información (nulo)	10	10

HIDROGEO_3	UHG_C	valor_peso
Muy alta	UHG_Alto	0
Muy alta	UHG_MyB	0
Alta	UHG_MyB	1
Muy alta	UHG_MyB	3
Alta	UHG_MyB	4
Media a alta	UHG_MyB	5



valor_rang	valor_cual	valor_peso
de 0.5 a 1	Muy Alta	9
de 0 a 0.5	Alta	6
de -0.5 a 0	Media	3
de -1.0 a -0.5	Baja	2
de -1.5 a -1.0	Muy Baja	1

$$DemETP = \frac{ETP - PP}{ETP}$$

**TITULO:** DEMANDA EVAPOTRANSPIRATIVA

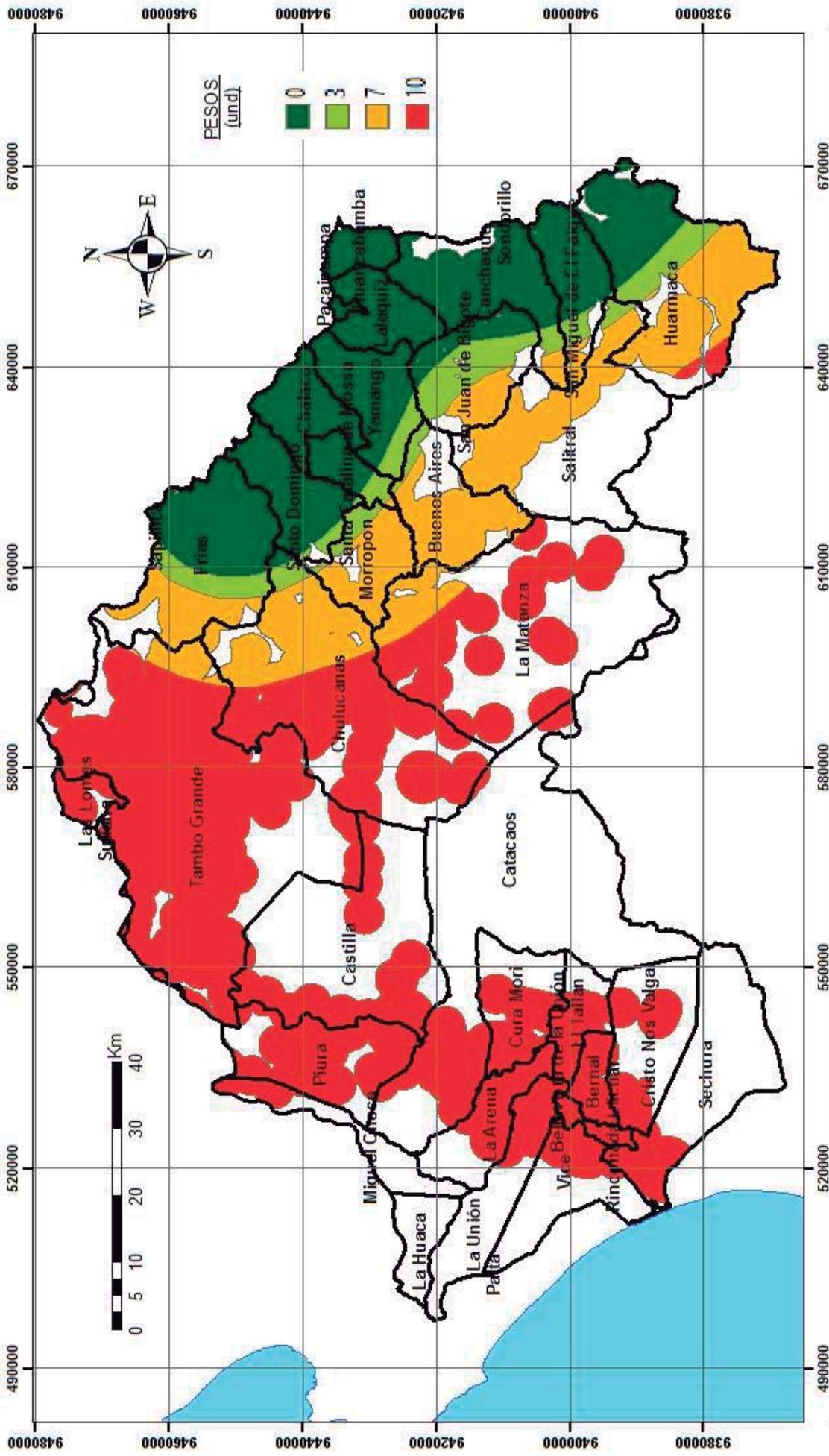
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilbaja

Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Fecha: Julio 2016

Escala: 1:750,000 (topográfica)

Mapa: IG - 3

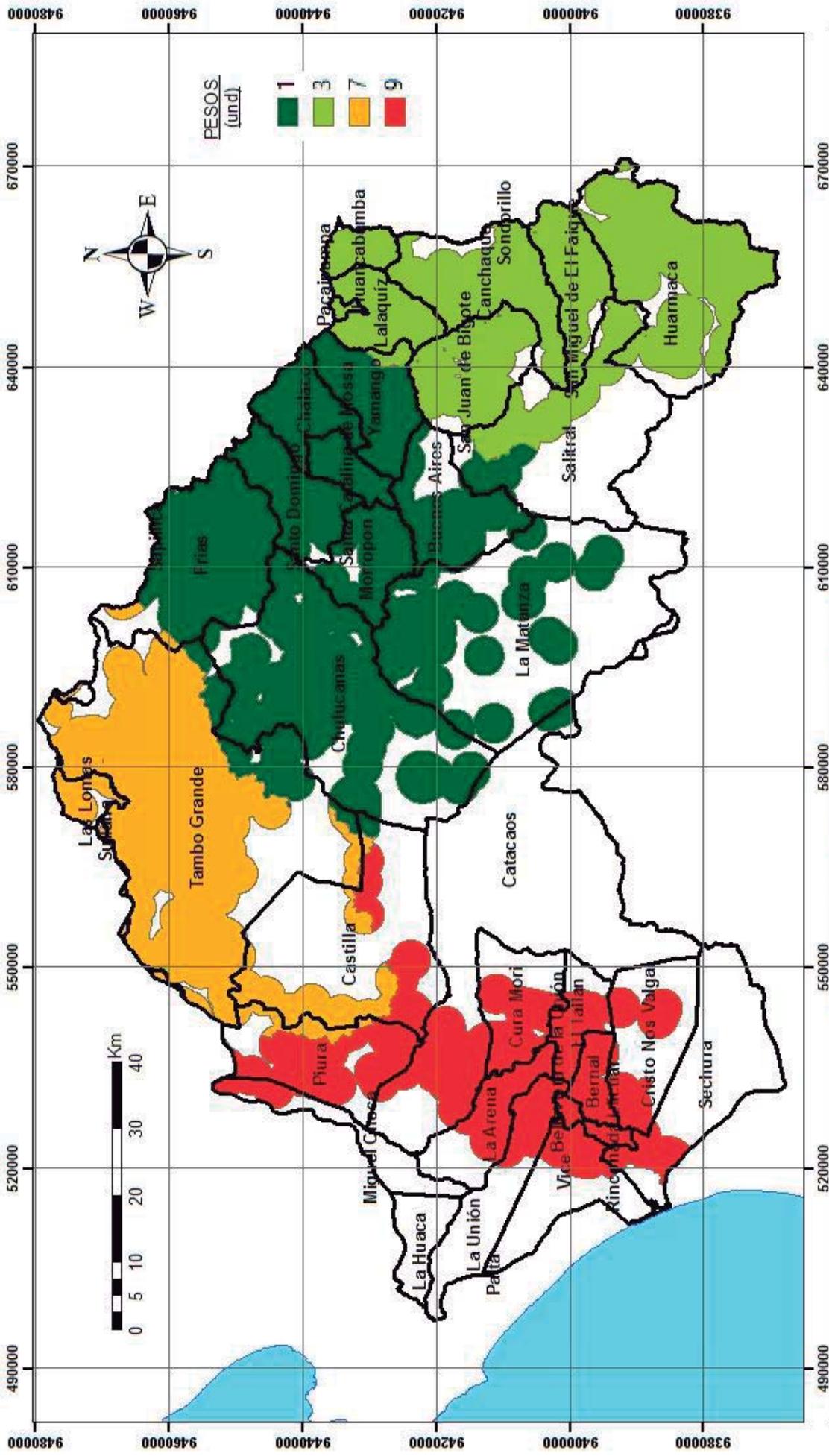


### Precipitación Prom ETP

Valor Cuantitativo (s.u.)	Valor Cualitativo	Peso
Mayor a 0,65	Subhúmedos húmedos y húmedos	0
entre 0,51 y 0,65	Subhúmedos secos	3
entre 0,21 y 0,50	Semiáridos	7
entre 0,00 y 0,20	Áridos	10

**TÍTULO:** ÍNDICE DE ARIDEZ METEOROLÓGICA

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilaba	Proyección: UTM. Datum WGS 84 - ZONA 17S	
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750.000 (original: A4)	Mapa: <b>IG - 4</b>



PESOS  
(und)

- 1
- 3
- 7
- 9

**TITULO:** NIVEL DE APORTACIÓN HIDRICA SUPERFICIAL

**Elaborado por:** Bach. Víctor Alarcón Jibaja

**Fecha:** Julio 2016

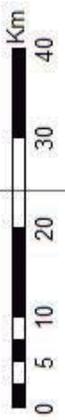
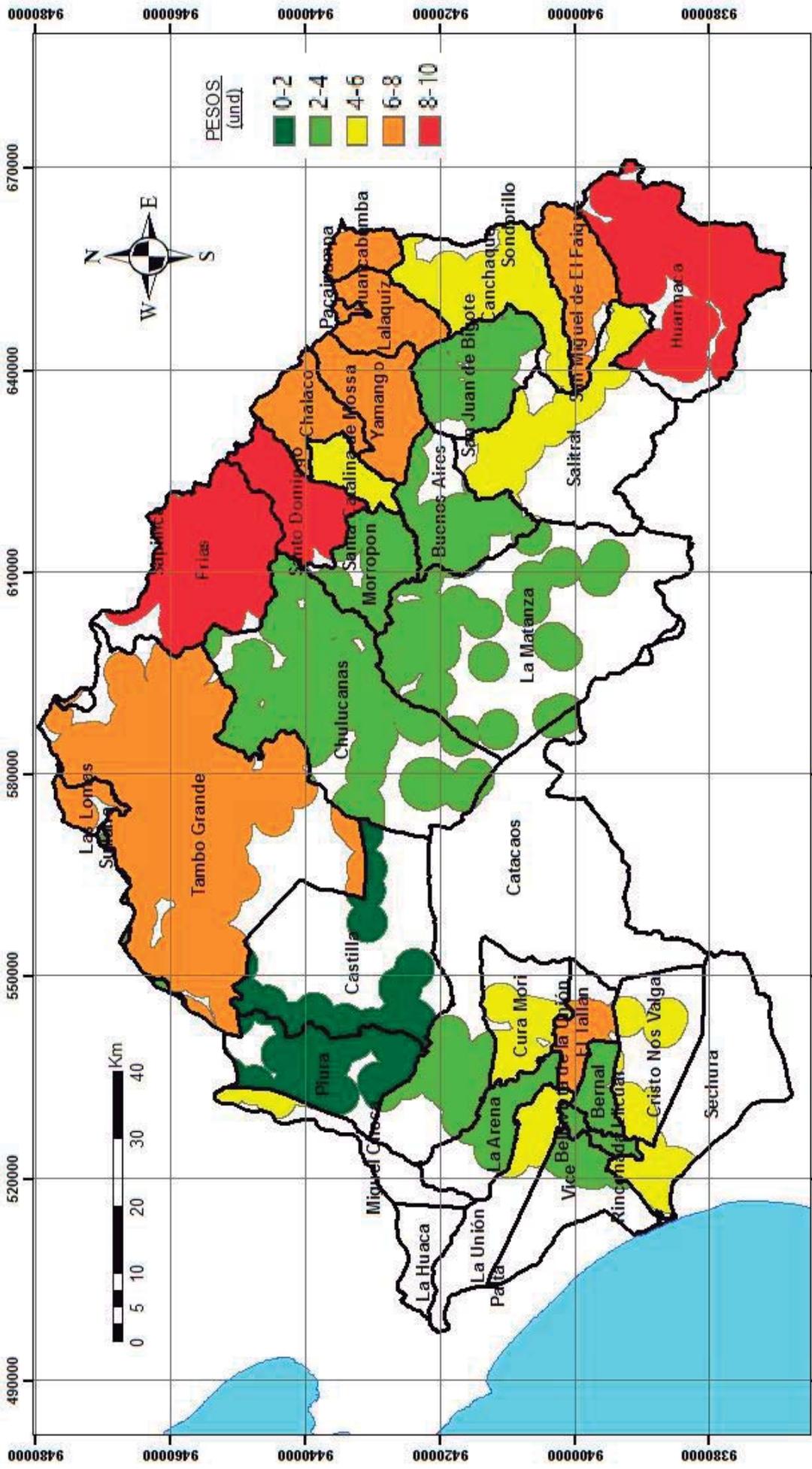
**Proyección:** UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

**Escala:** 1:7750,000 (en original A0)

**Mapa:** IG - 5

Valor Cuantitativo (s.u.)	Valor Cualitativo	Peso
Mayor a 45	Aportación muy alta	1
30 - 45	Aportación alta	3
15 - 30	Aportación media	5
0 - 15	Aportación baja	7
0 - 1	Aportación nula	9

**Aport (%) =  $\frac{VolSubcuenca}{VolTotal}$**



PESOS  
(und)

- 0-2
- 2-4
- 4-6
- 6-8
- 8-10

**TITULO:**  
COBERTURA DE SERVICIOS BÁSICOS PRIMARIOS

Elaborado por:  
Bach. Víctor Alarcón Jilibaja

Proyección:  
UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Fecha:  
Julio 2016

Escala:  
1/7750,000  
(en original)

Mapa:  
IG - 6

rango_elec	valor_peso
de 5 a 19	1
de 20 a 34	3
de 35 a 57	5
de 58 a 81	7
de 81 a 100	10

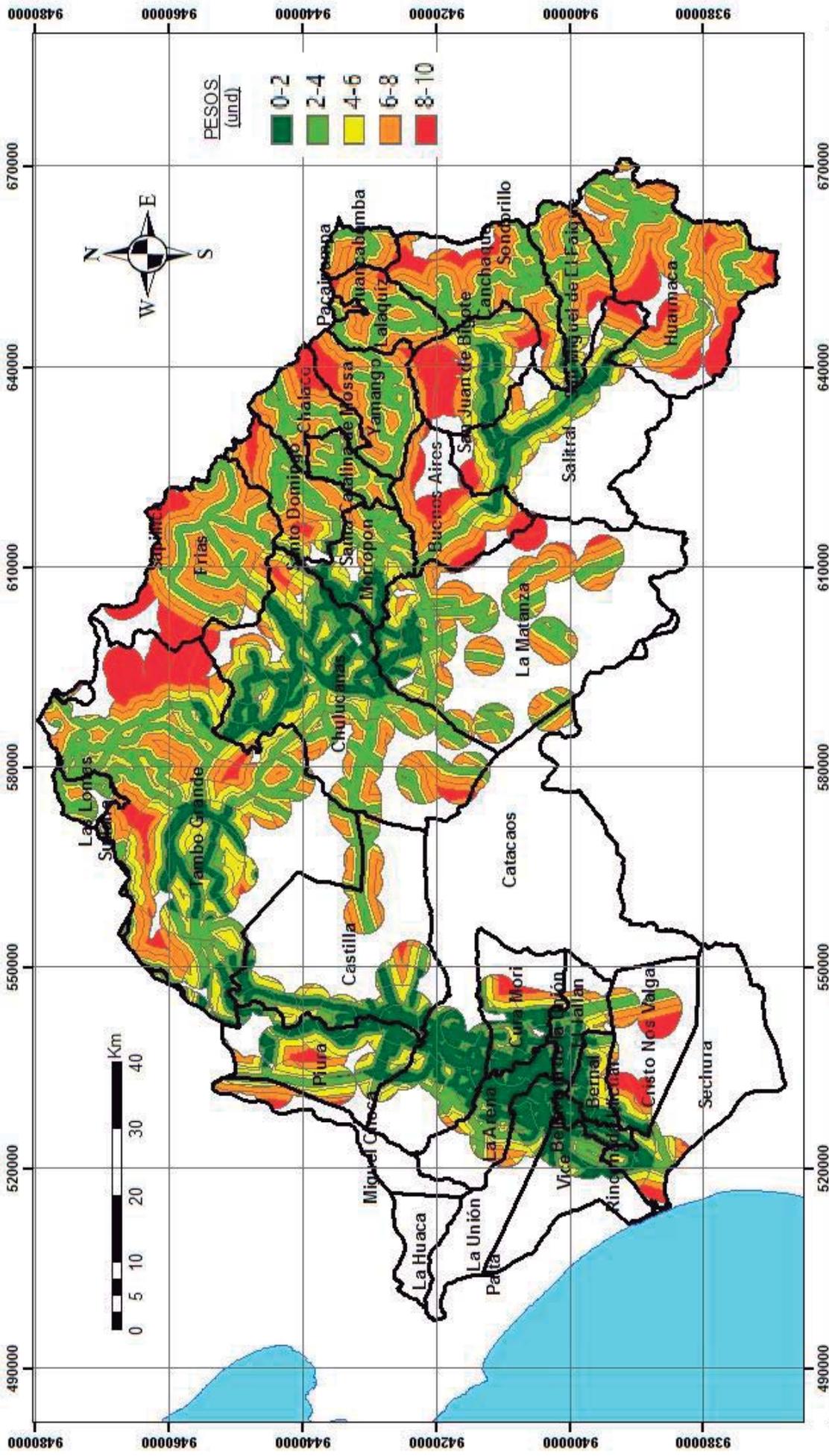
Carencia de servicio de desagüe (%)

de 5 a 23
de 24 a 36
de 37 a 51
de 52 a 67
de 68 a 95

Carencia servicio de agua (%)

de 8 a 19
de 20 a 25
de 26 a 50
de 51 a 77
de 78 a 100



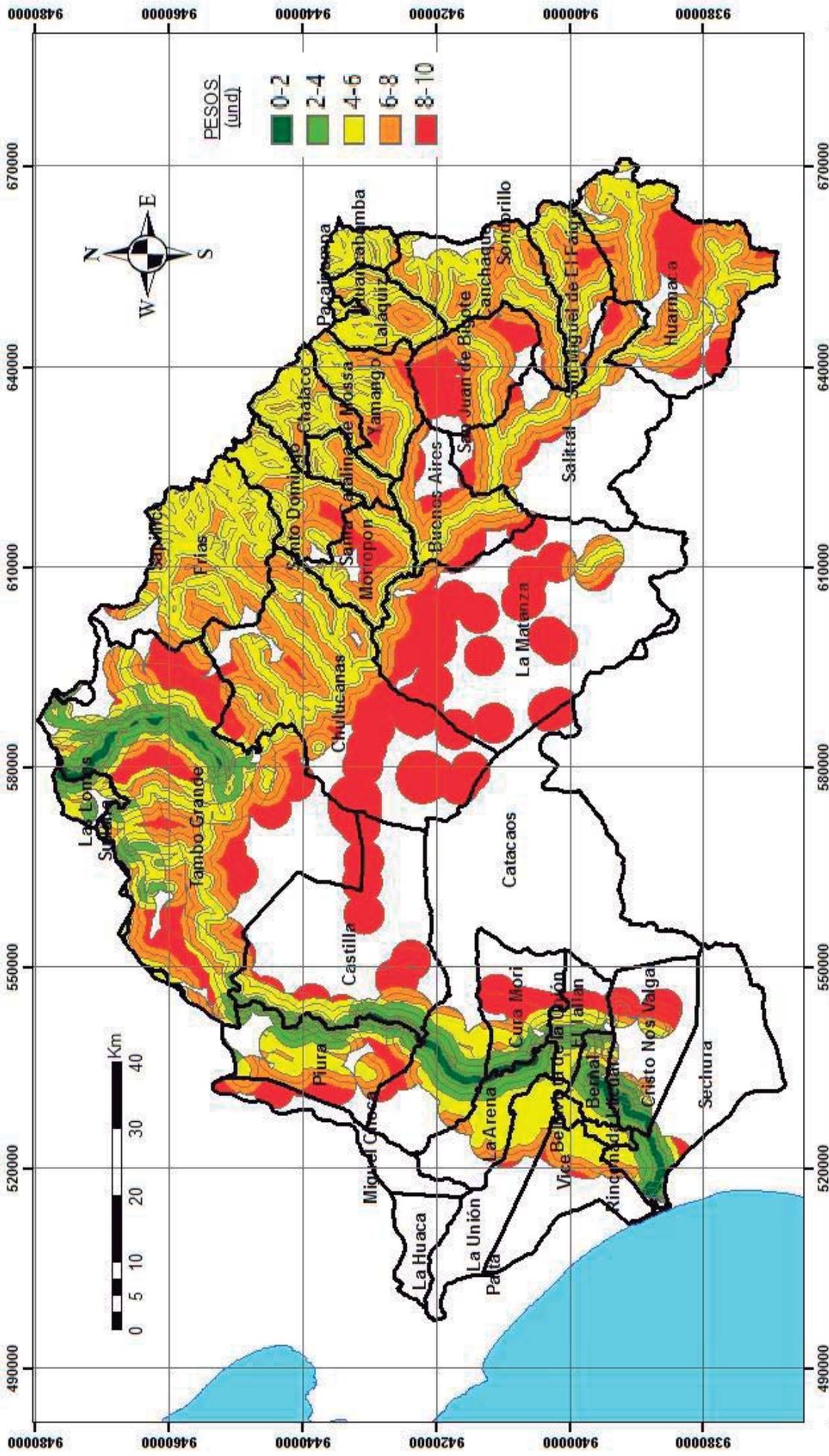


**TITULO:** COBERTURA DE INFRAESTRUCTURA VIAL

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Ibaiza	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (origina A4)
Mapa: <b>IG - 8</b>	

Muy Bueno	0 - 500 m
Bueno	500 - 1000 m
Regular	1000 - 2000 m
Malo	2000 - 3000 m
Fuera de Cobertura	3000 - mas

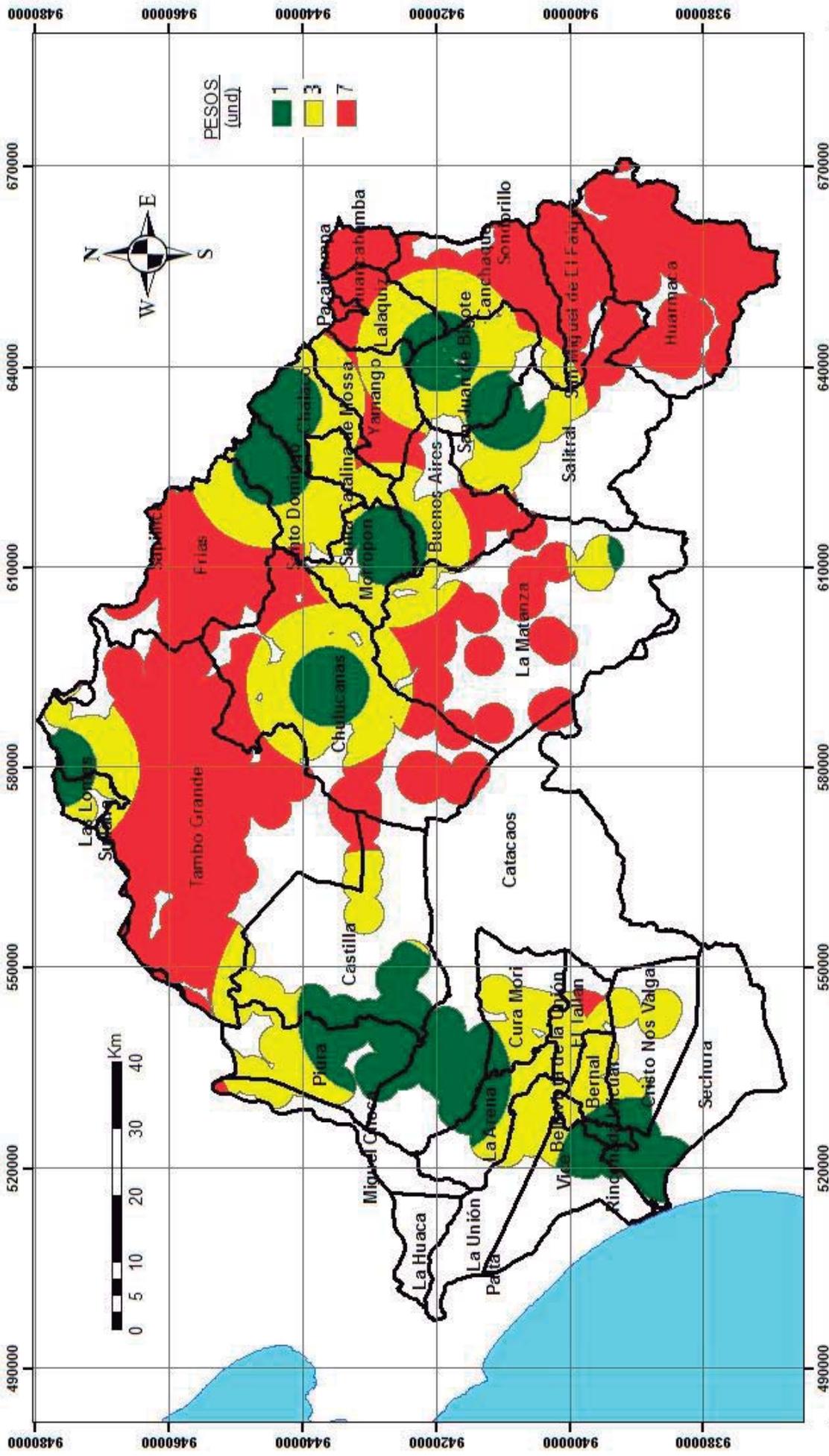
**COBERTURA DE INFRAESTRUCTURA VIAL= 70% \***  
*red vial total + 30% \**  
*estaciones de transporte*



**COBERTURA HIDRAULICA - FLUVIAL = 45% \* red fluvial + 45% \* red infraestructura hidraulica + 10% \* cuerpos de agua**

Muy Bueno	0 - 500 m
Bueno	500 - 1000 m
Regular	1000 - 2000 m
Malo	2000 - 3000 m
Fuera de Cobertura	3000 - mas

<b>TITULO:</b> COBERTURA HIDRAULICA - FLUVIAL	
Elaborado por: Bach. Victor Alarcón Jiloca	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (origen A)
	Mapa: IG - 9



TIPO	DISTANCIA (km)	RADIO DE ACCIÓN	ZONA MONTAÑA
SINÓPTICA PRINCIPAL	253	126	63
CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL	113	56	28
CLIMATOLÓGICA ORDINARIA	51	25	12,5
CLIMATOLÓGICA PRINCIPAL	23	12	6
AGROMETEOROLÓGICA	10	5	2,5

**TÍTULO:** COBERTURA INSTITUCIONAL

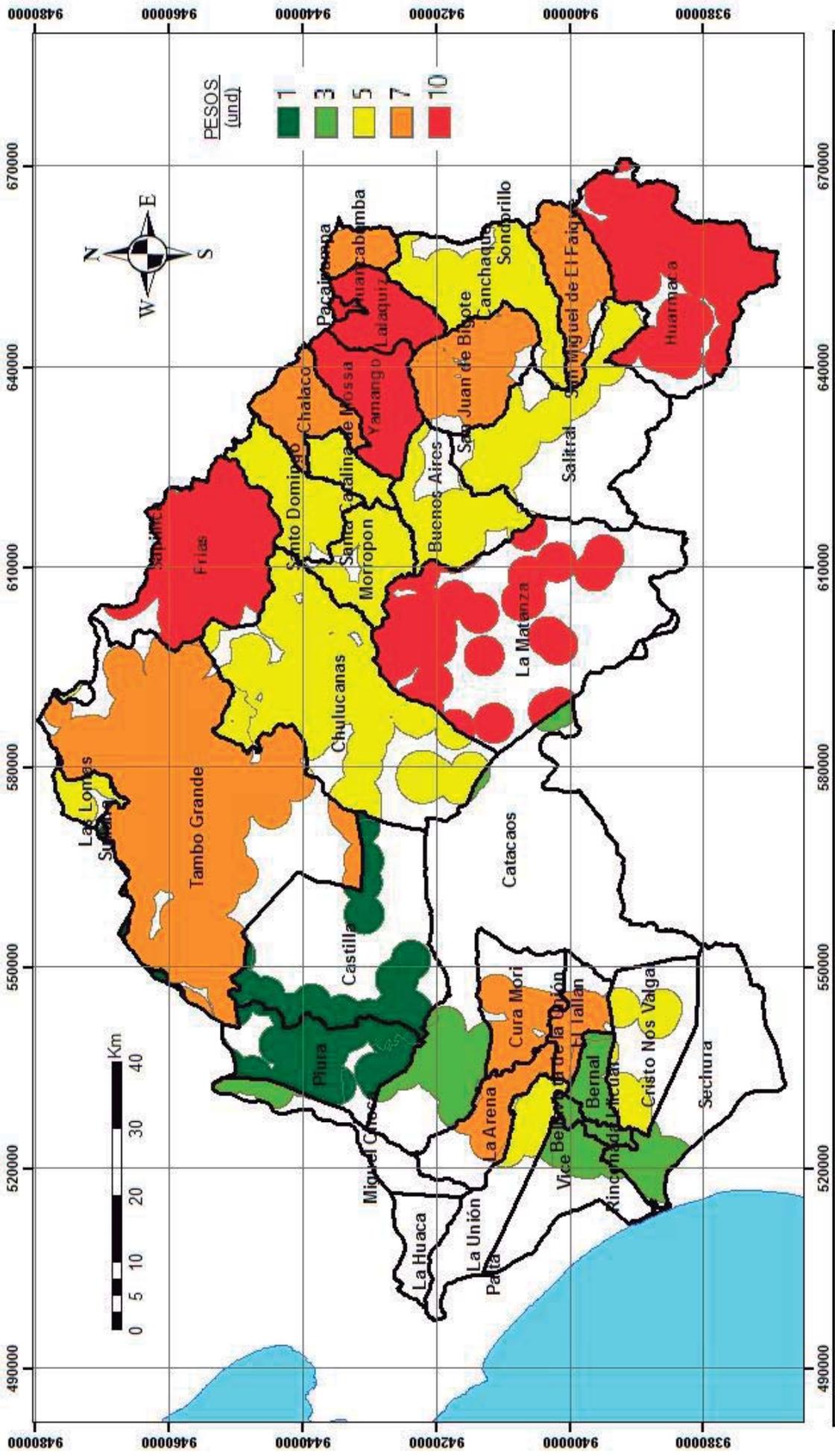
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilaja

Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Fecha: Julio 2016

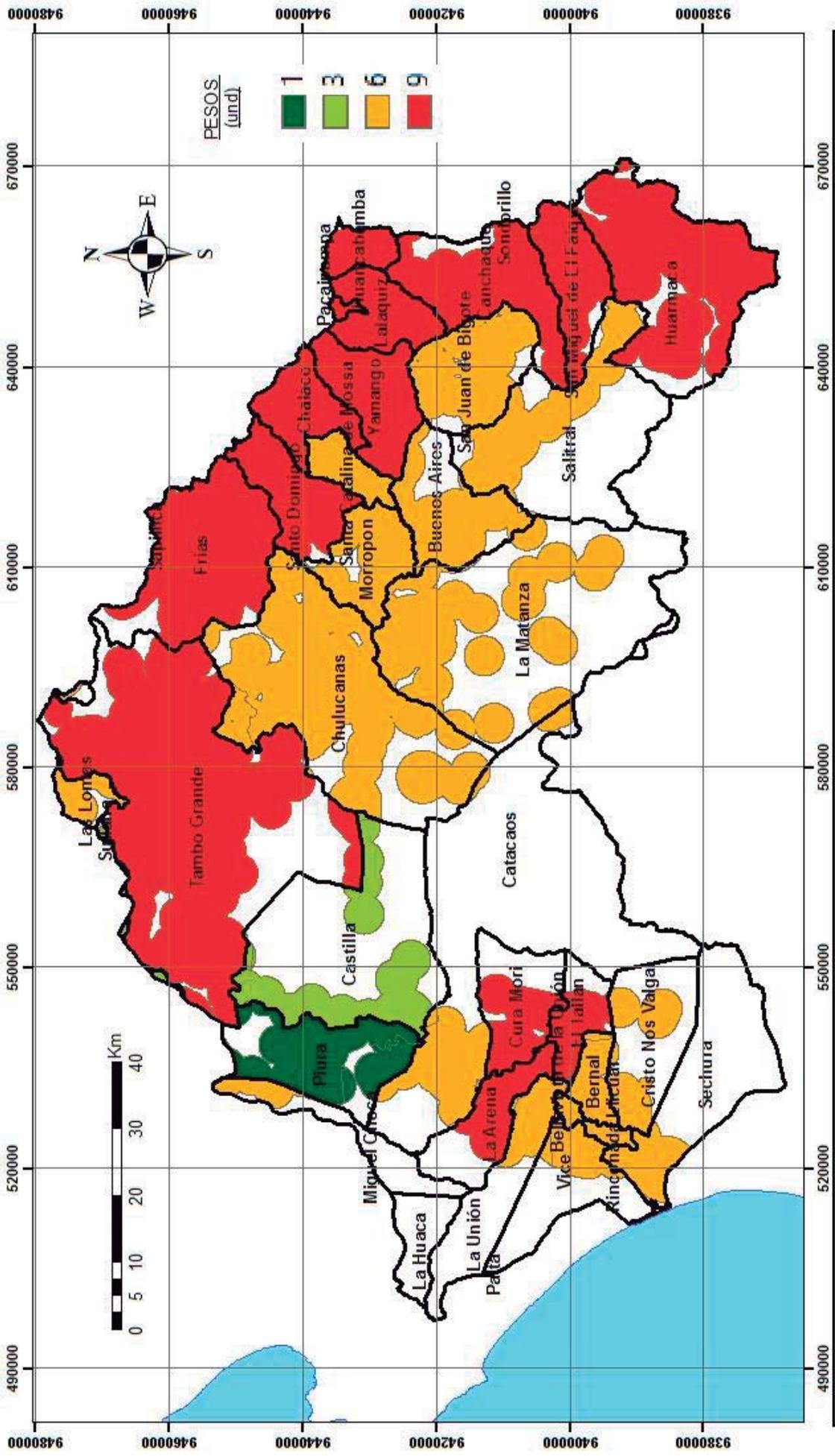
Mapa: Escala: 1/750,000 (en long. A)

IG - 10



<b>TITULO:</b> INDICE DE DESARROLLO HUMANO (IDH)	
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jibaja	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1:750,000 (original: A4)
	Mapa: IG - 11

de 0.476 - 0.5123
de 0.51231 - 0.5349
de 0.53491 - 0.5598
de 0.55981 - 0.5841
de 0.58411 - 0.6277

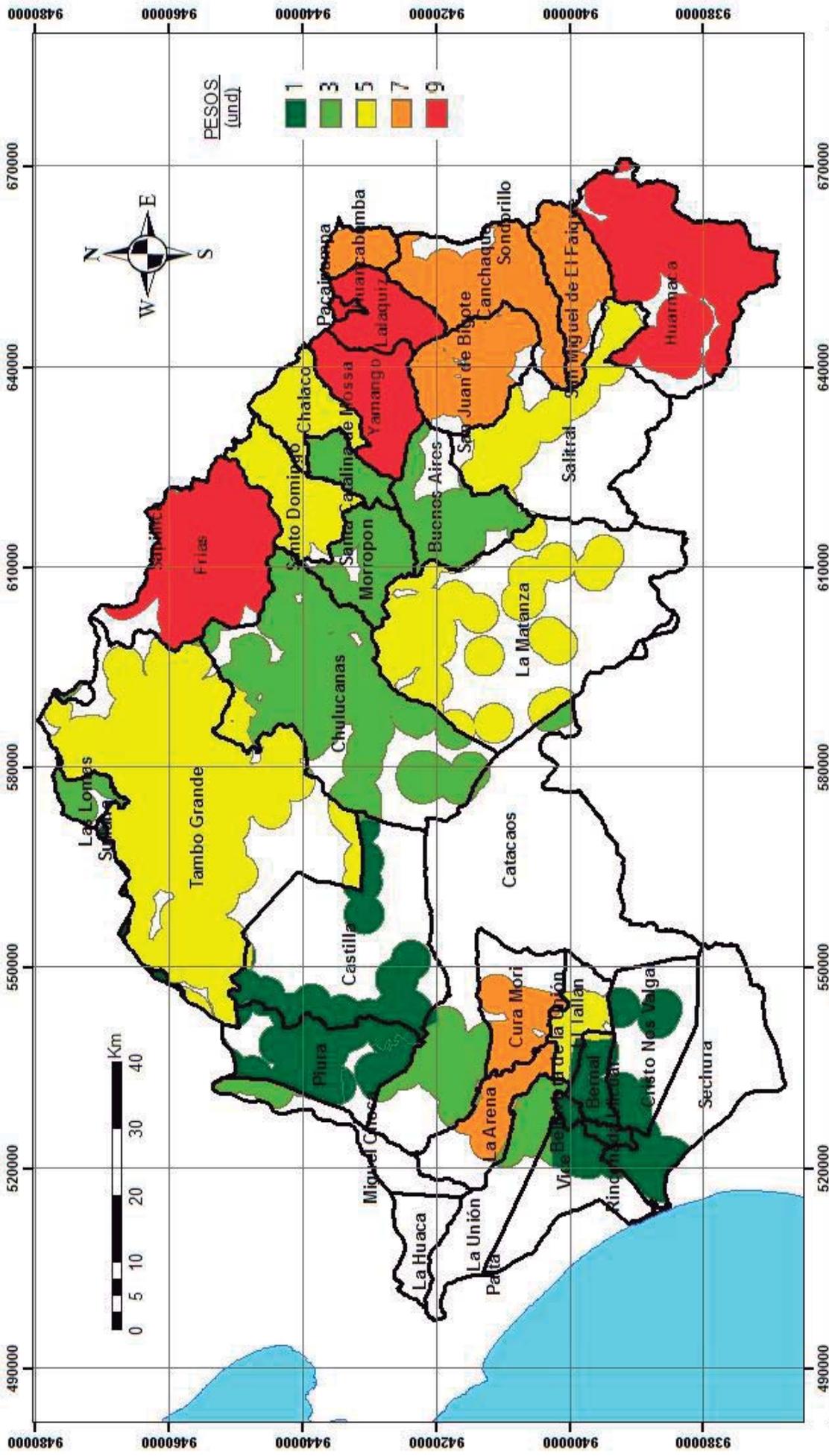


**LEYENDA:**

Muy Pobre
Pobre
Menos Pobre
En vías de desarrollo

<b>TÍTULO:</b> ÍNDICE DE POBREZA HUMANA (IPH)	
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jibaja	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (origen A4)
	Mapa: IG - 12



rango	peso
0-5%	1
6-10%	3
11-15%	5
16-20%	7
21-36%	9

**LEYENDA:**

**TITULO:** TASA DE ANALFABETISMO

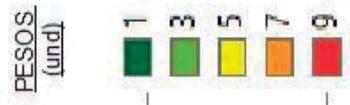
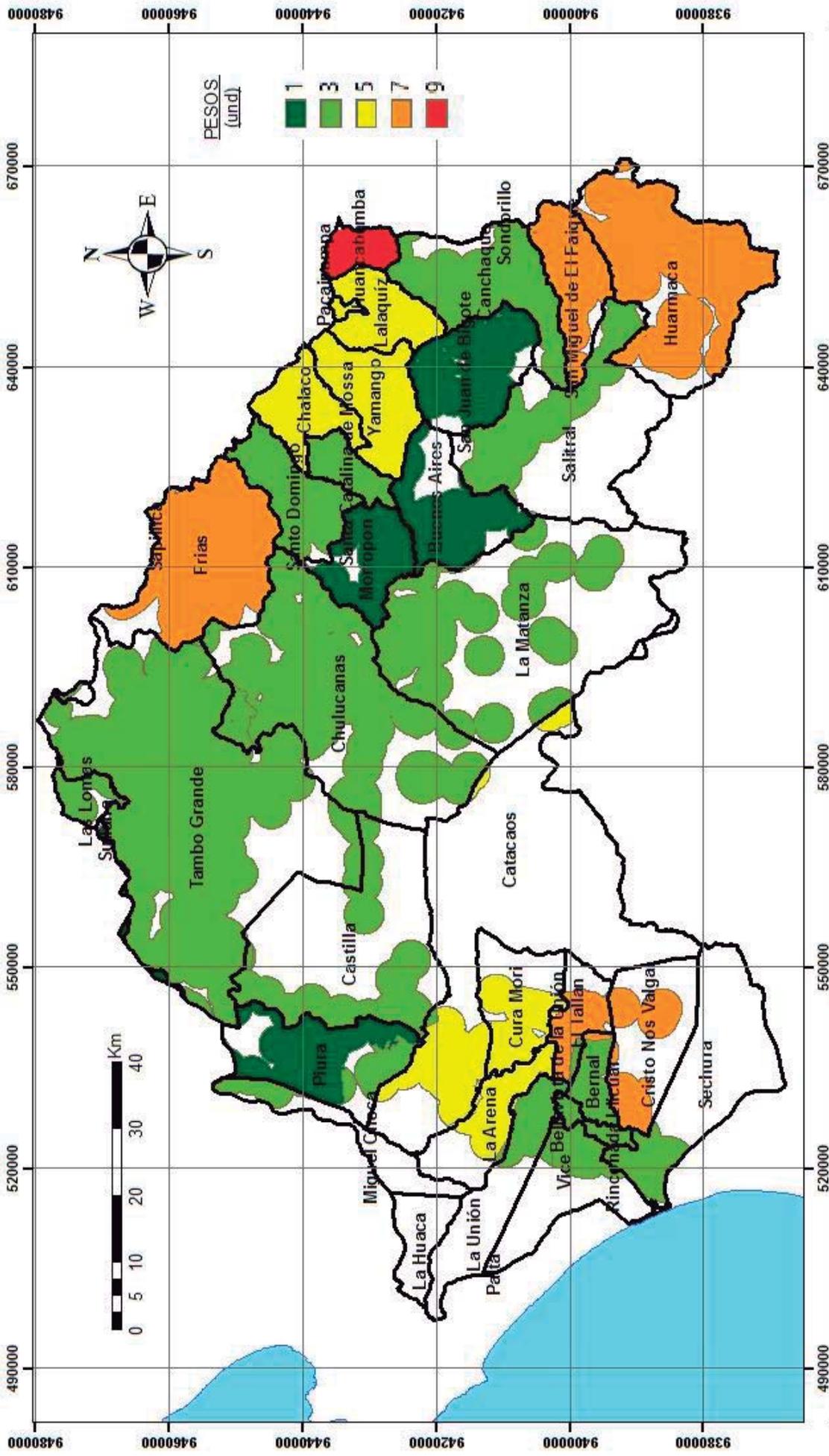
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jibaja

Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Fecha: Julio 2016

Escala: 1/750,000 (original: A1)

Mapa: IG - 13



rango_des	peso
0-10	1
11-20	3
21-30	5
31-40	7
41-50	9

**LEYENDA:**

TITULO: TASA DE DESNUTRICIÓN CRÓNICA INFANTIL

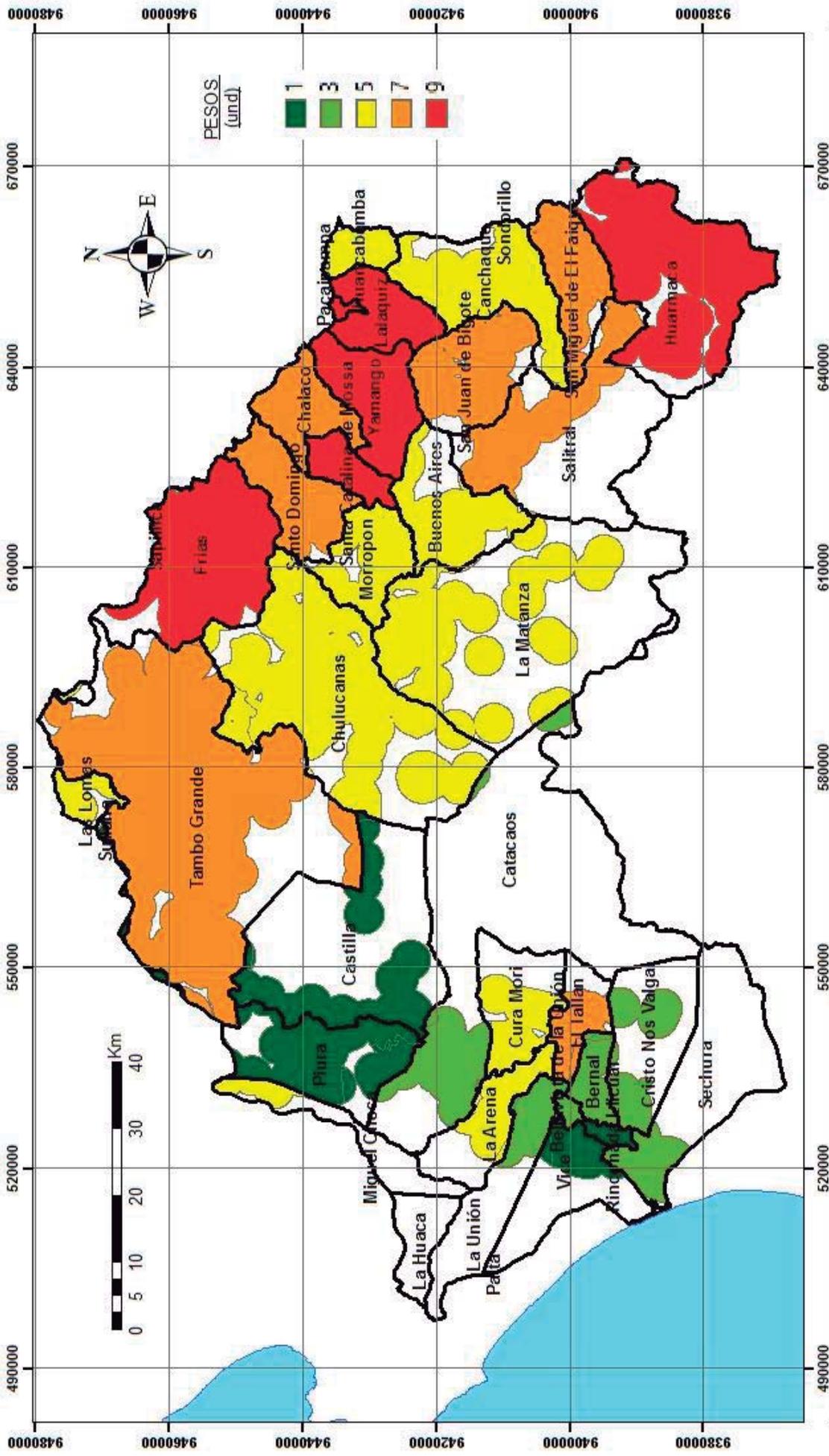
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jibaja

Proyección: UTM. Datum WGS 84 - ZONA 17S

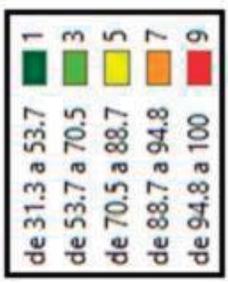
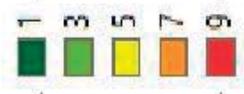
Fecha: Julio 2016

Escala: 1/750,000 (en original)

Mesa: IG - 14

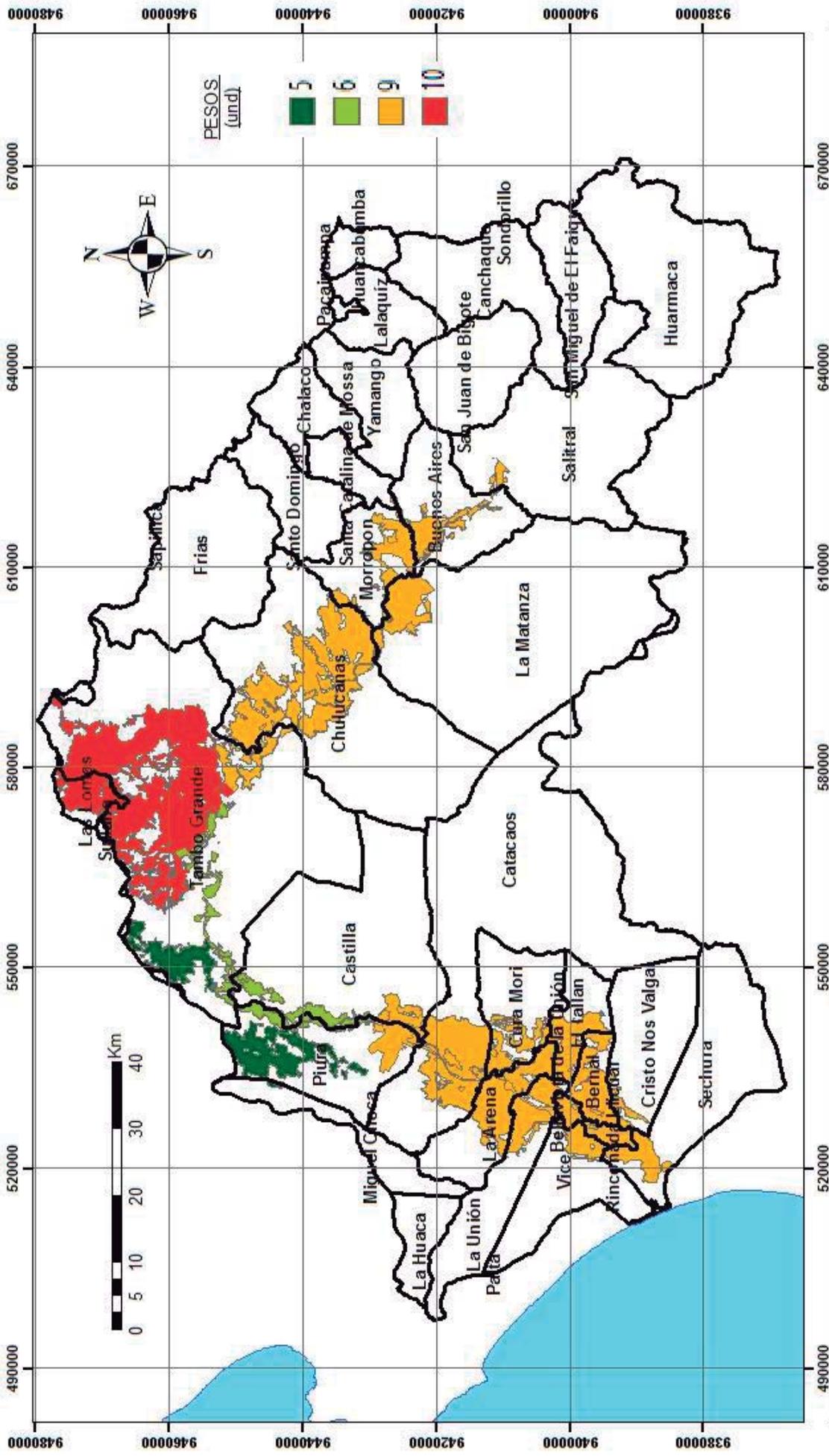


PESOS  
(und)



TITULO:		NECESIDADES BÁSICAS INSATIFECHAS (NBI)	
Elaborado por:	Proyección:	UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S	
Bach. Víctor Alarcón Jibaja	Fecha:	Mapa:	IG - 15
Fecha:	Escala:	1/750,000 (original)	
Julio 2016			

**LEYENDA:**

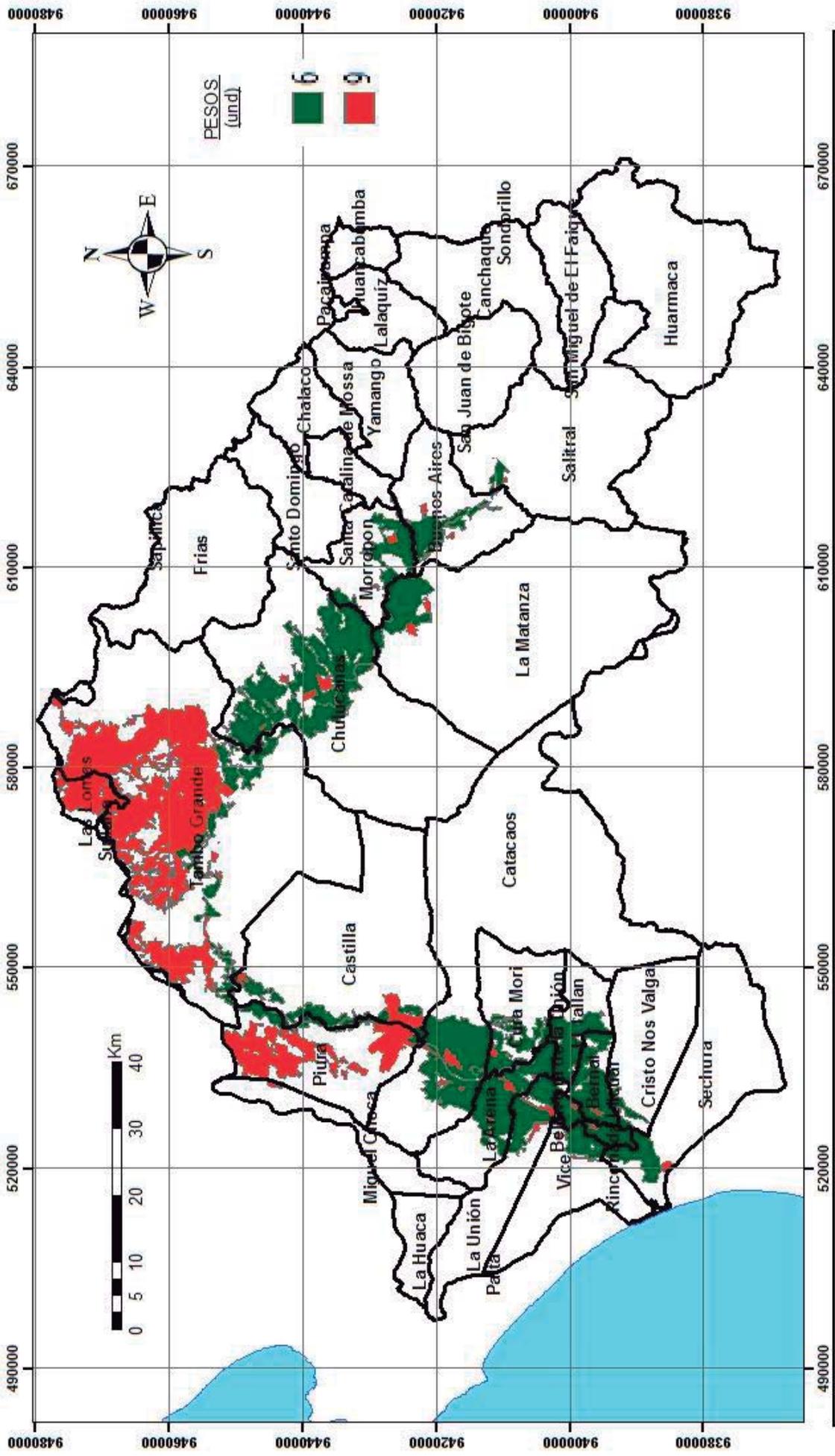


<b>TÍTULO:</b> INDICE DE ESCASEZ HÍDRICA CONSUNTIVA	
<b>Elaborado por:</b> Bach. Víctor Alarcón Iltaja	<b>Proyección:</b> UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
<b>Fecha:</b> Julio 2016	<b>Escala:</b> 1/750,000 (original)
	<b>Mapa:</b> IG - 16

Categoría	Índice de Escasez (%)	Característica
Alto	> 50	Demanda alta con respecto a la oferta
Medio Alto	21 - 50	Demanda apreciable
Medio	11 - 20	Demanda baja con respecto a la oferta
Mínimo	1 - 10	Demanda muy baja con respecto a la oferta
No Significativo	< 1	Demanda no significativa con relación a la oferta

$$I_e = \frac{D}{O_n} \times 100\%$$





Valor Cuantitativo (%)	Valor Cualitativo	Peso
50-59	Muy Baja	9
60-69	Baja	6
70-79	Moderada	3
80-89	Alta	2
90-99	Muy Alta	1

TITULO: **ÍNDICE DE EFICIENCIA HÍDRICA**

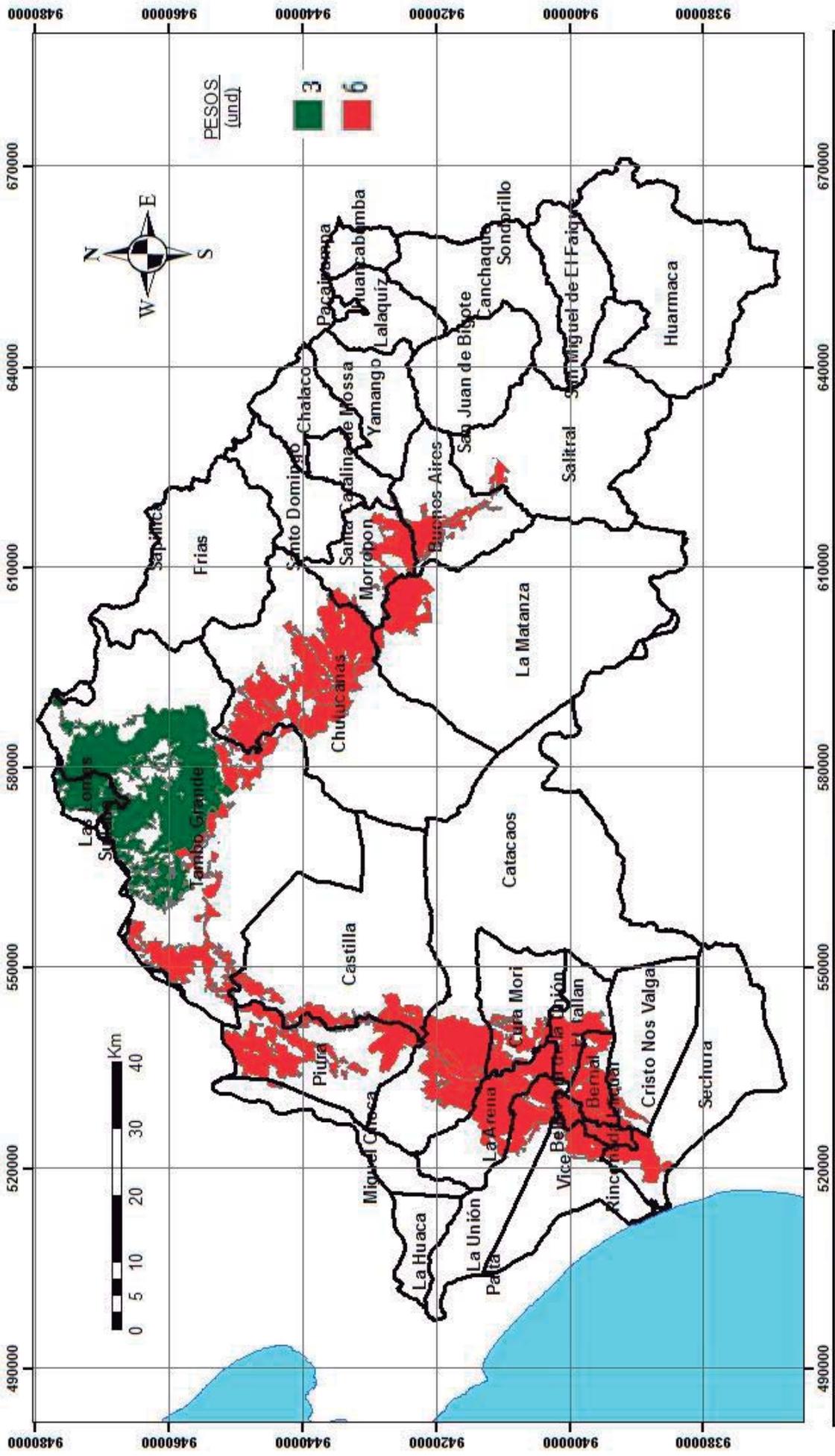
Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilaja

Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Fecha: Julio 2016

Escala: 1/750,000 (original)

Mapa: IG - 18

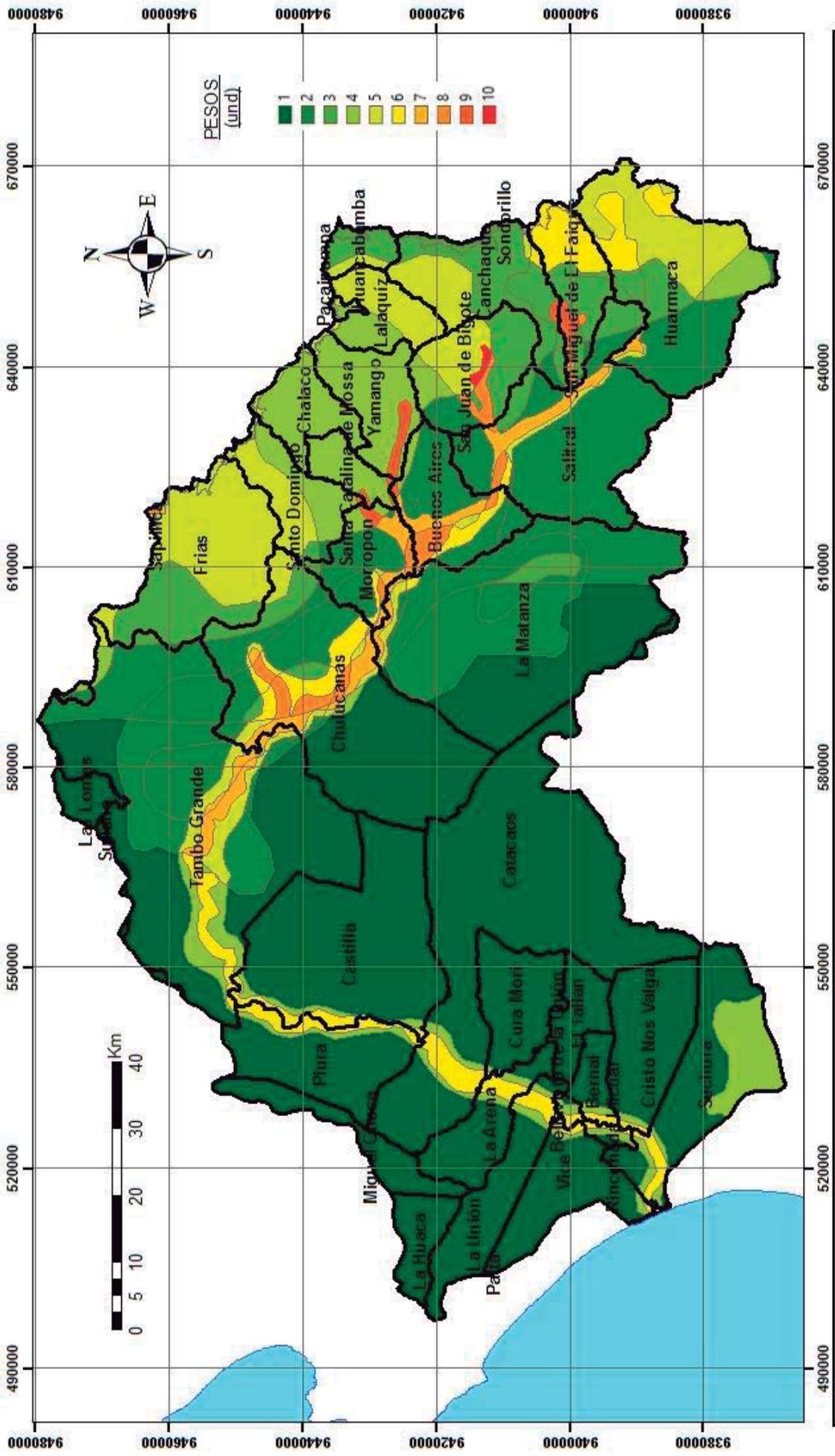


Valor Cuantitativo (%)	Valor Cualitativo	Peso
0 - 25	Muy Baja	9
26 - 50	Baja	6
51 - 75	Moderada	3
76 - 100	Alta	1

**TITULO:** **INDICE DE GESTIÓN ECONÓMICA DEL AGUA**

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilbaja	Proyección: UTM. Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (en original A4)
Mapa: <b>IG - 19</b>	





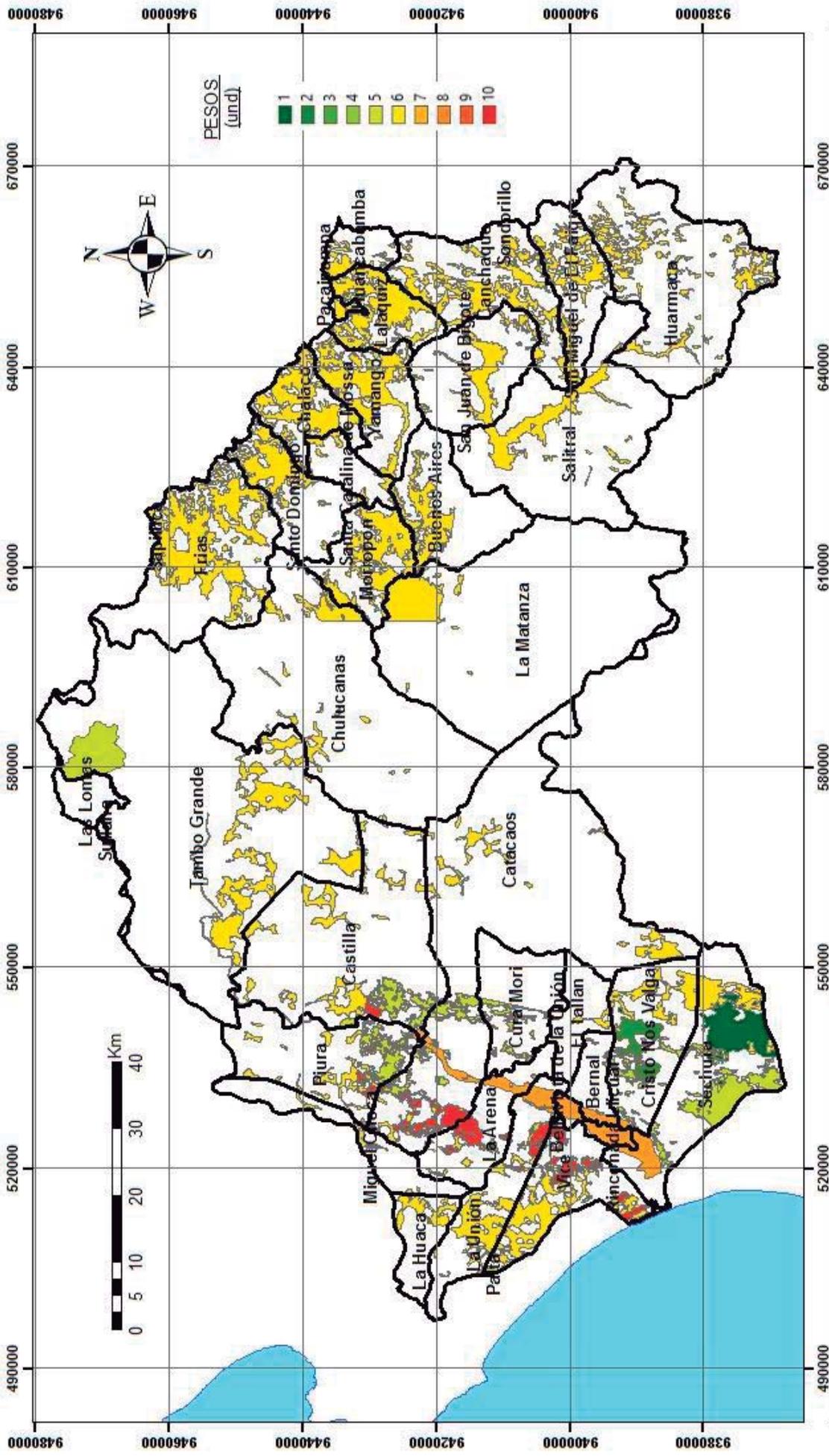
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy alto

**TITULO:** NIVEL DE VULNERABILIDAD FISICA

Elaborado por: Bach. Victor Alarcón-Jibaja	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (original No.)
	Mapa: IG - 22

NIVEL DE VULNERABILIDAD =  
 40% INUNDACION + 20% EROSION +  
 20% DESLIZAMIENTO + 15% SEQUIA +  
 5% HELADAS





**TITULO:** ESTADO FÍSICO ACTUAL DEL SUELO

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jilibaja

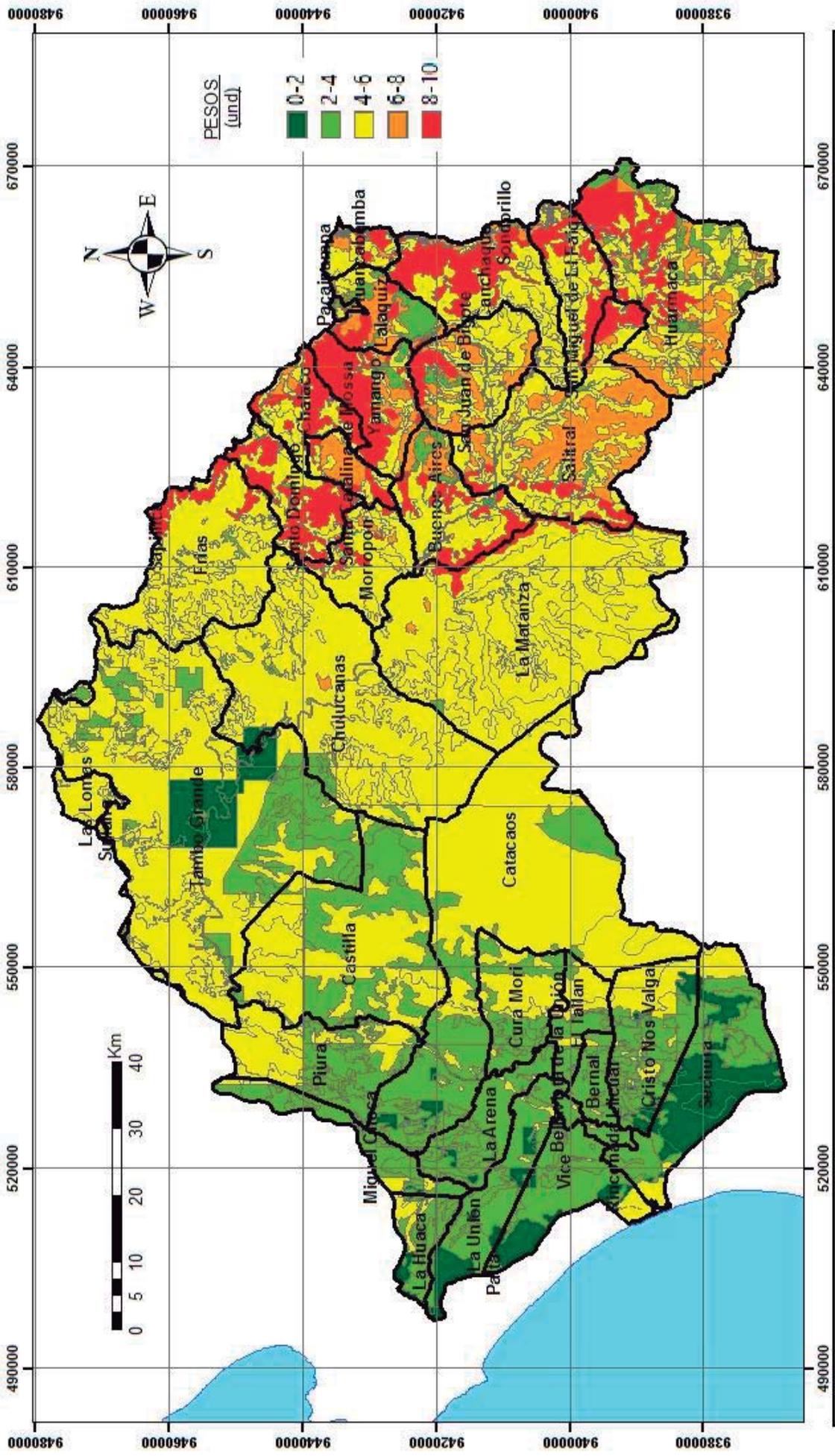
Fecha: Julio 2016

Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

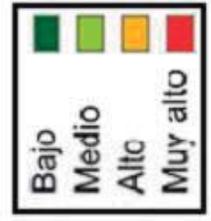
Escala: 1/750,000

Mapa: IG - 23

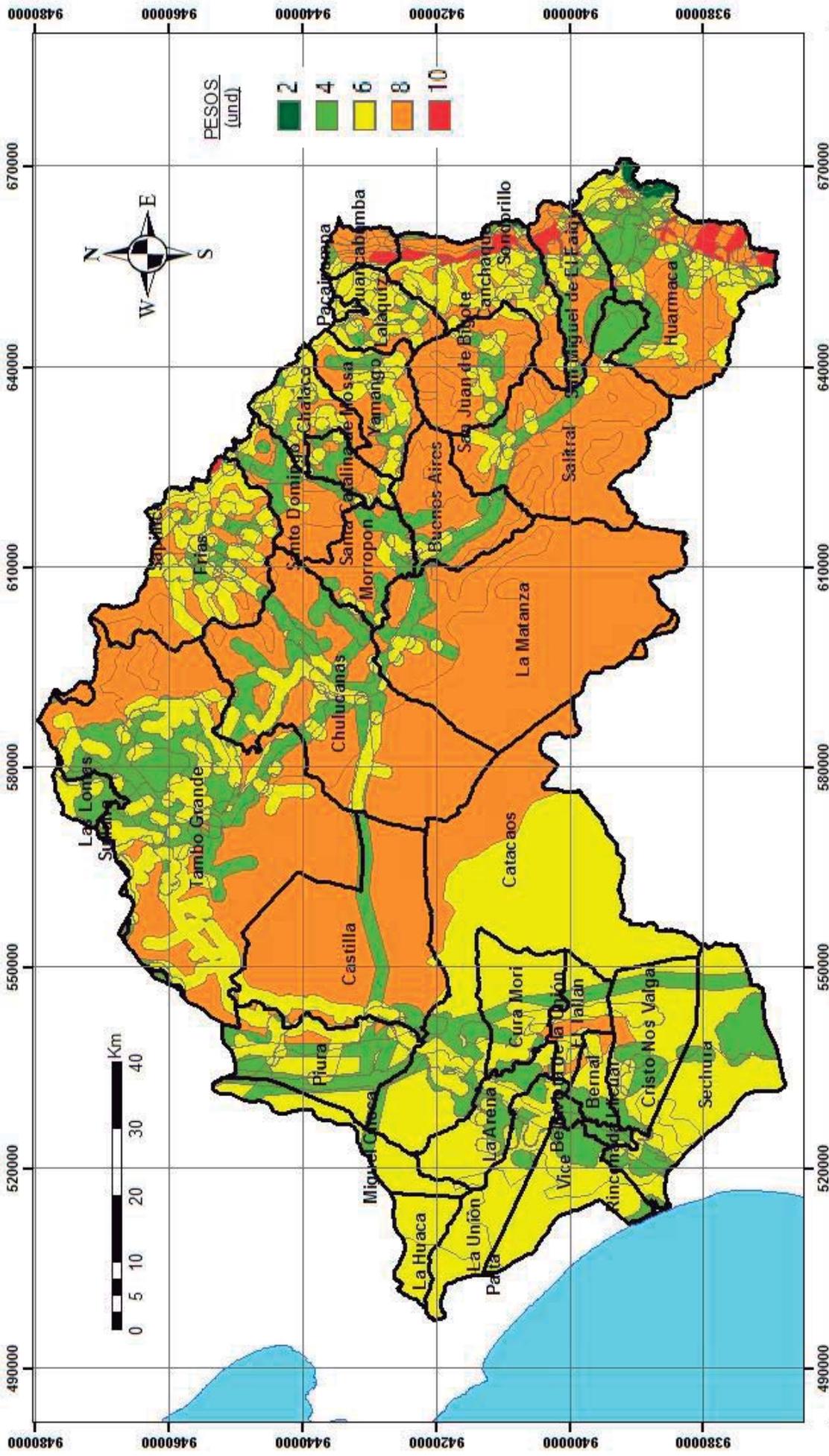
UNIDAD	TIPO	valor_peso	UNIDAD	TIPO	valor_peso
Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	10	Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	7
Sales de Media Concentración	Deforestación Intensa	9	Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	7
Sales y Mal Drenaje	Deforestación Intensa	8	Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	6
Erosión	Deforestación Intensa	8	Sales de Media Concentración	Deforestación Intensa	6
Deforestación Intensa	Deforestación Intensa	7	Erosión	Deforestación Intensa	5
Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	7	Alta Sedimentación	Zona Inundada	4
Sales de Alta Concentración	Deforestación Intensa	7	Zona Inundada	Zona Inundada	3



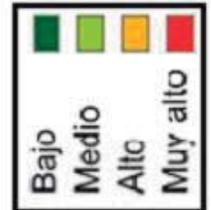
TITULO:		POTENCIAL DE PRODUCCIÓN POR BIODIVERSIDAD	
Elaborado por:	Bach. Víctor Alarcón Jibaja	Proyección:	UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha:	Julio 2016	Escala:	1/750,000 (origina A4)
		Mapa:	IG - 24



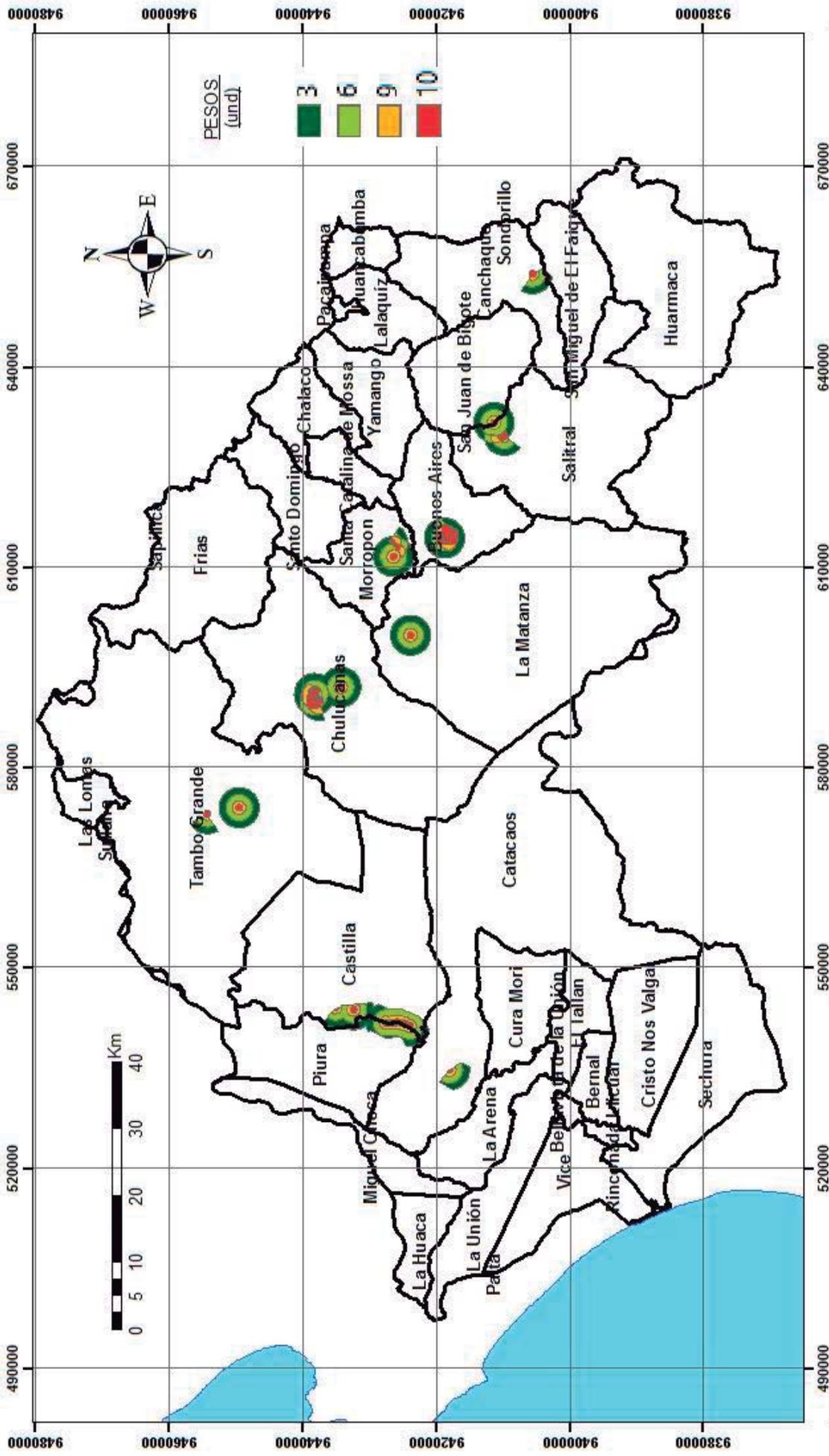
POTENCIAL BIODIVERSIDAD = 60% \*  
*recursos naturales renovables + 40% \*  
recursos naturales no renovables*



**POTENCIAL ENERGETICO = 40% \***  
*potencial hidrico + 30% \**  
*potencial solar + 30% \**  
*potencial eolico*



<b>TITULO:</b> POTENCIAL DE ENERGIAS	
<b>Elaborado por:</b> Bach. Víctor Alarcón Jibaja	<b>Proyección:</b> UTM. Datum WGS 84 - ZONA 17S
<b>Fecha:</b> Julio 2016	<b>Mapa:</b> IG - 25
<b>Escala:</b> 1/750,000 (original)	

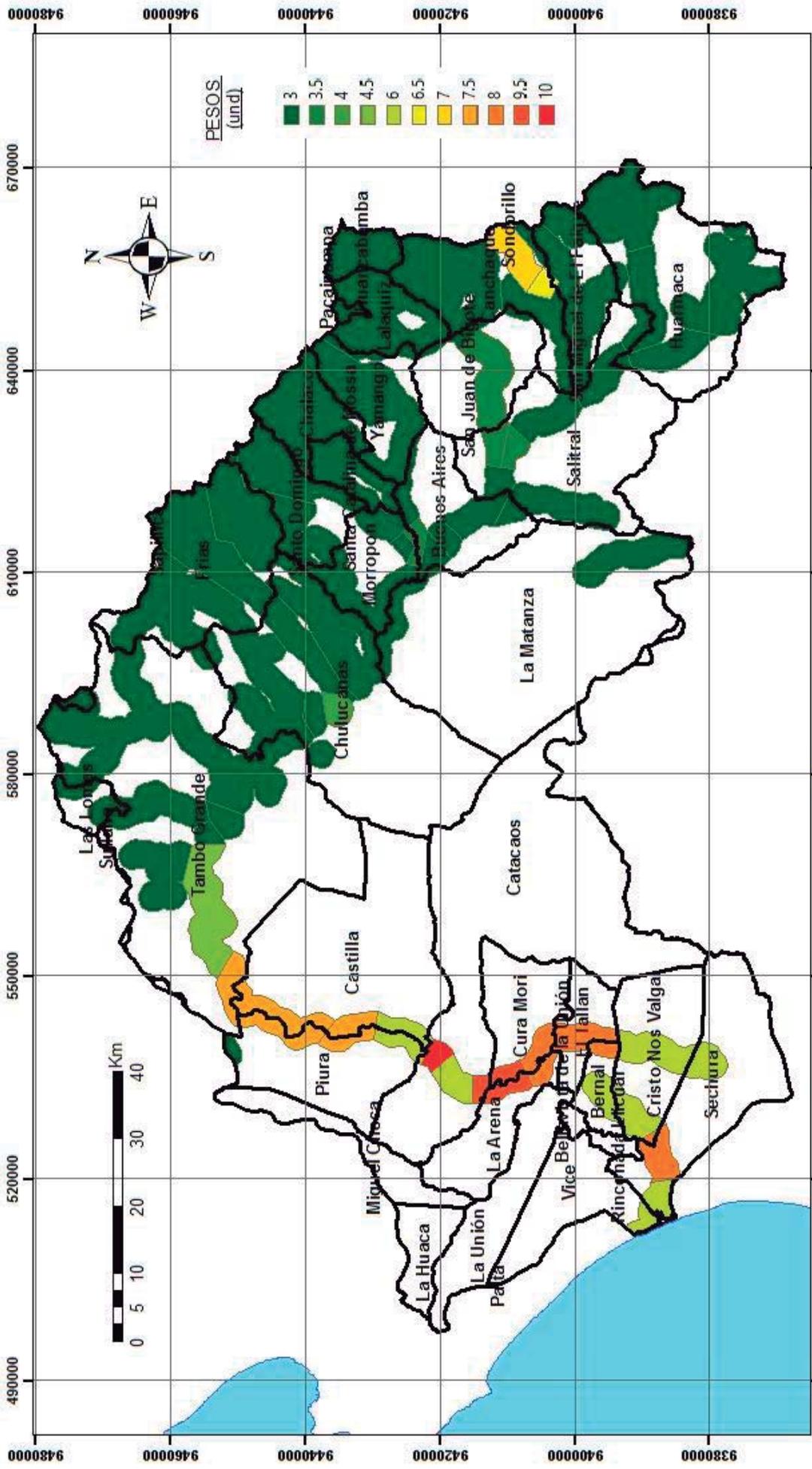


TITULO: INFLUENCIA DE FUENTES CONTAMINANTES

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Albeja	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (escala 1:750,000)
	Mapa: IG - 26

LEYENDA:

	0 - 500 m
	500 - 1000 m
	1000 - 2000 m
	2000 - 3000 m
	Bajo
	Medio
	Alto
	Muy alto



descrip	categoria	Coliflo_Ter	aluminio	Arsenico	Sodio	Manganeso	pes. super
RPur7	ECA 3	7.5	0	0	0	0	6
RPur8	ECA 3	2.5	0	0	0	0	6
DSach1	ECA 3	0	0	10	0	0	8
RPur10	ECA 3	0	0	7.5	0	0	2.5
RPur6	ECA 3	0	7.5	0	0	0	7.5
RPur5	ECA 3	0	7.5	0	0	0	7.5
RCane1	ECA 1-A2	0	10	10	0	0	7
RCane2	ECA 1-A2	7.5	2.5	7.5	0	0	6.5
RCane3	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat1	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat2	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat3	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat4	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat5	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat6	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat7	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat8	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat9	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat10	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat11	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat12	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat13	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat14	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat15	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat16	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat17	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat18	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat19	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat20	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat21	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat22	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat23	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat24	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat25	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat26	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat27	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat28	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat29	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat30	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat31	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat32	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat33	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat34	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat35	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat36	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat37	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat38	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat39	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat40	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat41	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat42	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat43	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat44	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat45	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat46	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat47	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat48	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat49	ECA 3	0	0	0	0	0	6
VCat50	ECA 3	0	0	0	0	0	6

TITULO:  
CALIDAD HIDRICA SUPERFICIAL

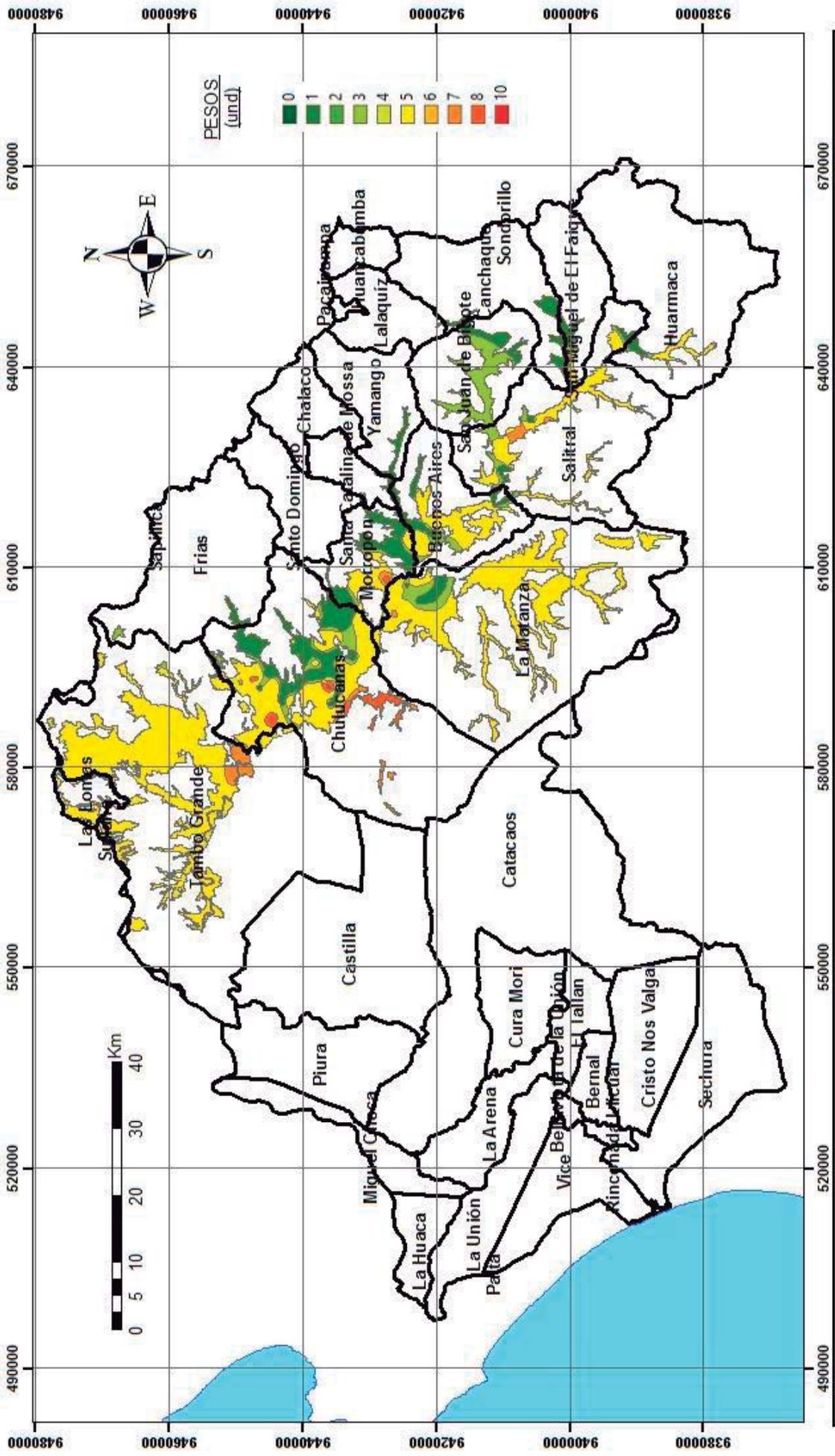
Elaborado por:  
Bach. Victor Alarcón Jilaga

Fecha:  
Julio 2016

Proyección:  
UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S

Escala:  
1/750,000

Mapa:  
IG - 27



**TITULO:** CALIDAD HIDRICA SUBTERRANEA

**Elaborado por:** Bach. Victor Alarcón Jibaja

**Proyección:** UTM. Datum WGS 84 - ZONA 17S

**Fecha:** Julio 2016

**Escala:** 1/750,000 (original: A4)

**Mapa:** IG - 28

**pH**

class	pes_pot
6.5 - 8.4	1
8.4 - 9	6
9 - mas	10

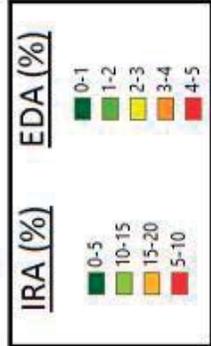
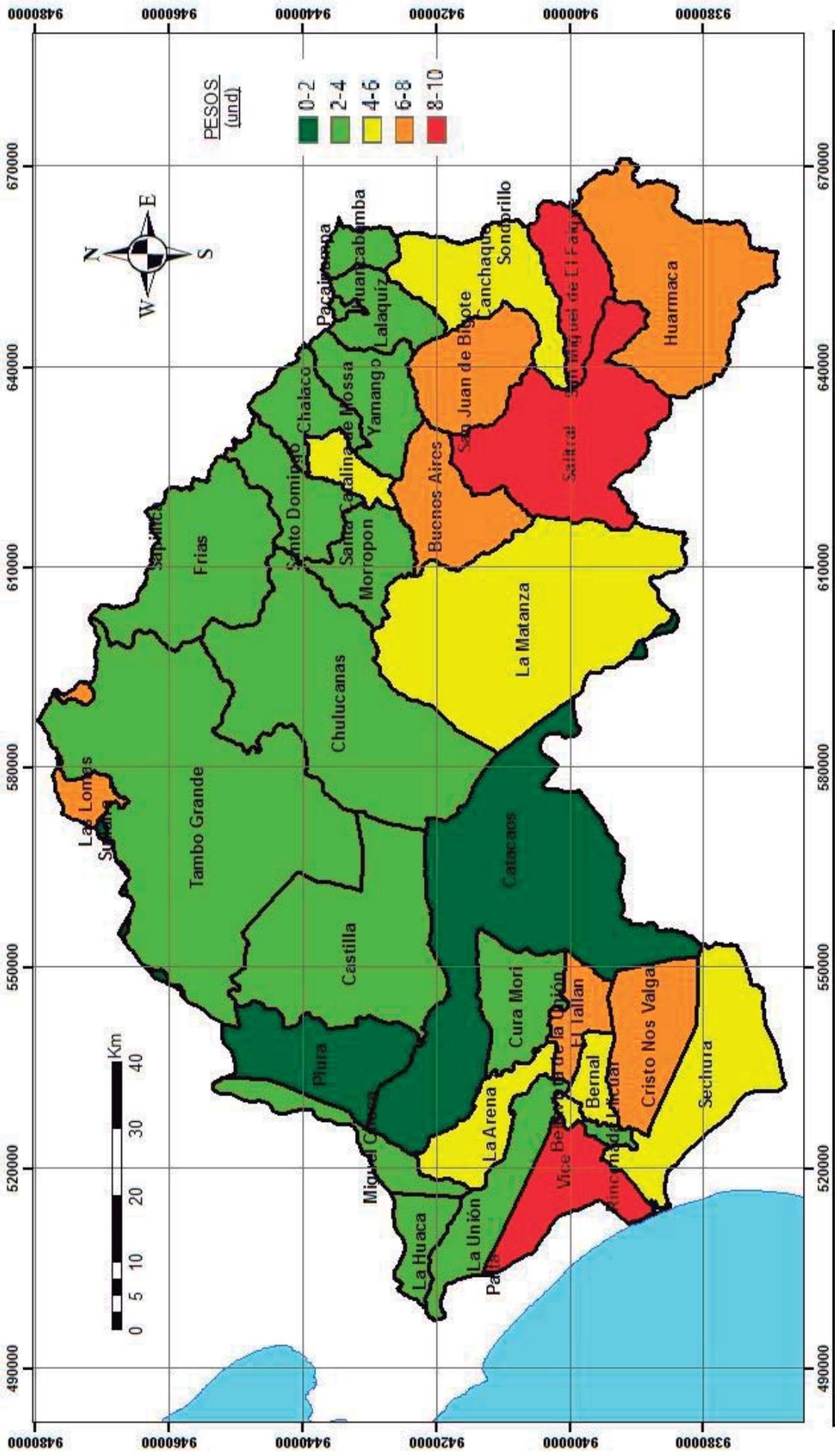
**Conductividad (µmhos/cm)**

class	pes_cond
0 - 0.7	1
0.7 - 3.0	6
3.0 - mas	10

**Solidos Totales Disueltos (ppm)**

class	pes_solid
0 - 450	1
450 - 2000	6
2000 - mas	10





**TITULO:** INFLUENCIA A LA SALUD BÁSICA

Elaborado por: Bach. Víctor Alarcón Jibaja	Proyección: UTM, Datum WGS 84 - ZONA 17S
Fecha: Julio 2016	Escala: 1/750,000 (en papel A4)
Mapa: <b>IG - 30</b>	

**INFLUENCIA A LA SALUD BÁSICA =**  
 $20\% * IRAs + 80\% * EDAs$