Definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá

Metodología de trabajo

Convenio de asoción No: 2012-CF-12-0001

Fuente: Eafit

Convenio de asociación entre la Gobernación de Antioquia – Departamento Administrativo de Planeación Estratégica Integral y la Universidad EAFIT

OBJETO:

Aunar esfuerzos para la definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá

ESTUDIO:

Definición de criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá

ENTREGABLE ETAPA 1:

Metodología de trabajo

Octubre, 2012

El presente documento es propiedad intelectual de la Gobernación de Antioquia y de la Universidad EAFIT. Para todos los efectos legales, los insumos suministrados tanto por la Gobernación de Antioquia como aquellos suministrados por la Universidad EAFIT para la realización del proyecto, siguen siendo de propiedad intelectual de cada una de las partes, siendo su uso condicionado y restringido. En caso de referenciarse el presente informe de manera parcial o total, deberán incluirse los créditos de sus autores.

Gobernación de Antioquia
Sergio Fajardo Valderrama
Gobernador

Departamento Administrativo de Planeación Gobernación de Antioquia
María Eugenia Ramos Villa
Directora
Juan Diego Lopera Pérez
Asesor

COMITÉ COORDINADOR de la Gobernación de Antioquia
Departamento Administrativo de Planeación
Dirección de Planeación Estratégica Integral
Esteban Álzate Jaramillo
Director

Secretaría de Infraestructura
Dirección de Planeación
Claudia Cristina Rave Herrera
Directora

Asesores Internos
Federico Restrepo Posada
Ana María Arango Arango
Equipo de Apoyo Asesores
Laura Gallego Moscoso

SUPERVISOR DEL PROYECTO
Esteban Álzate Jaramillo
Director
Dirección de Planeación Estratégica Integral

Equipo técnico de apoyo a la Supervisión
Dirección de Planeación Estratégica Integral
Gabriel Jaime Márquez García, Ingeniero Geólogo
Lina María Cadavid Escobar, Economista
Gustavo Adolfo Melguizo Diosa, Ingeniero Sanitario

Equipo de trabajo EAFIT

Juan Fernando Ruiz	Director del Proyecto
Juan Carlos Duque	Coordinador Rise
Jorge Giraldo	Coordinador Humanidades
Alejandro Echeverri	Coordinador Urbam

Equipo Ofertas

Jorge Ruiz	Consultor Senior
Mauricio Pineda	Consultor Senior
Catalina Hernández	Consultora Asistente
Diana Morales	Consultor Asistente
Natalia Ramírez	Consultora Junior
Vanesa Ramírez Calderón	Consultora Junior
Lina María Rojas	Consultor Asistente

Equipo Rise

Jorge Patiño	Consultor Senior
Alejandro Betancourt	Consultor Junior
Amanda Janeth López L.	Consultor Asistente

Equipo Humanidades

Santiago Leyva	Consultor Senior
Adolfo Eslava	Consultor Senior
Oswaldo Zapata	Consultor Junior
Andrés Tobón	Consultor Analista
Sara Vélez	Consultora Auxiliar

Equipo Urbam

Francesco Orsini	Consultor Senior
Juan Pablo Ospina	Consultor Junior
Juan Sebastián Bustamante	Consultor Junior
Daniel Carvalho	Consultor Junior
Nora Cadavid	Consultor Junior
Angela Duque	Consultor Asistente
Isabel Basombrío	Consultor Asistente

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción 5

2. Análisis de territorio 7

Lectura de sistemas estructurantes 7

Perfil socioeconomico 8

Sisbén 2010 8

Censo 2005 13

3. Localización de macro-ofertas 15

Superposición de capas 16

Capas de entrada 16

Generación de ponderadores 19

Ponderación de mapas 23

Generación de clusters y condiciones Post-Proceso 24

Conectividad 26

4. Bibliografía 27

INTRODUCCIÓN

El presente documento resume las diferentes herramientas metodológicas utilizadas en las etapas del proyecto "Definición de los criterios de actuación estratégica para el desarrollo territorial de Urabá" (convenio de asociación N: 2012-CF-12-0001). El eje central de dicho proyecto consiste en la localización estratégica y estructurada del siguiente conjunto de macro-ofertas:

Tabla 1: Listado de macro-ofertas

1. Zona Industrial Portuaria	6. Industria Agrícola	11. Justicia
2. Turismo Sol y Playa	7. Educación superior	12. Fiscalía y gestión
3. Etnoturismo	8. Zona Minera	13. Función redistributiva del estado
4. Ecoturismo	9. Seguridad y Conflicto	14. Infraestructura vial
5. Agroindustria	10. Derechos de propiedad	

Metodológicamente la localización de estas macro-ofertas comienza con una lectura del territorio; dicha lectura cubre tres áreas temáticas, (a) sistemas estructurantes, (b) condiciones político-institucionales y (c) condiciones socio-económicas. Esta lectura del territorio genera un conjunto de mapas (capas) que son utilizadas, según su grado de pertinencia, en el proceso de delimitación espacial de los suelos más aptos para la localización de cada macro-oferta. En la ilustración 1 se resumen las dos fases presentadas. Este documento esta dividido en dos capítulos, en el primero se presentan las metodologías utilizadas en la lectura del territorio y en la segunda se presenta la metodología para la delimitación espacial de las macro-ofertas.

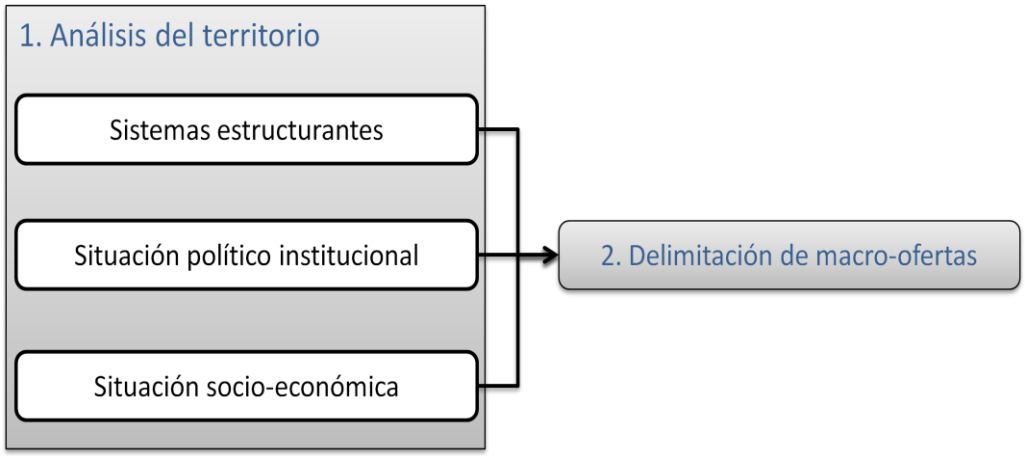


Ilustración 1: Flujo metodológico

ANÁLISIS DE TERRITORIO

LECTURA DE SISTEMAS ESTRUCTURANTES

Luego del reconocimiento del trabajo de planificación previo, se realiza una lectura integral del territorio de Urabá, que no solo comprende una nueva dimensión del marco geográfico que debe involucrarse en los procesos de planificación, sino también un análisis detallado de la amplia diversidad territorial que la región alberga. Urabá no es un conjunto homogéneo, al contrario, es un lugar particular por la diversidad de sus subregiones y por el papel particular que la oferta ambiental de cada una de ellas ofrece al desarrollo integral de la región. Los diferentes ecosistemas, las múltiples condiciones orográficas, las particularidades del sistema hídrico, la presencia dominante del mar, diversidad en el origen de sus pobladores y condiciones de accesibilidad variables pero casi siempre precarias, así como las grandes problemáticas sociales, obligan a dividir la región en múltiples unidades de análisis.

Esta fragmentación no solo permite una mejor comprensión de este universo que normalmente se ha leído de una forma más homogénea, sino que lleva a identificar un sistema donde cada elemento tiene un potencial diferente y complementario, hasta lograr una sinergia que permite imaginar un sistema territorial rico, diverso y con importantes funciones no solo de alcance regional e interdepartamental, sino también nacional y evidentemente continental.

El texto que se presenta a continuación sintetiza esta lectura. Parte del análisis de las particularidades de la región en el contexto mundial para presentar posteriormente una zonificación analítica sustentada en el reconocimiento de cinco grandes regiones con vocaciones claramente diferenciadas, que a su vez su subdividen en territorios más pequeños con base en sus condiciones ambientales, culturales, urbanísticas y de conectividad.

PERFIL SOCIOECONOMICO

Para la lectura socio-económica del territorio utiliza información disponible en la encuesta del Sisbén 2010 y en el Censo Nacional 2005 para cubrir los siguientes ejes temáticos: (a) Servicios públicos, (b) Demografía, (c) Educación, (d) Ingresos, (e) Mercado laboral, (f) Pobreza.

SISBÉN 2010

Tabla 2: Variables disponibles en el Sisbén 2010

Eje temático	Variable	Descripción
Demografía	urbano	% de personas que Vive en el sector urbano o centro poblado
	casado	% de personas que Está casado casado o vive en unión libre
	hombre	% de personas hombre
	edad0_11	% de personas entre 0-11 años
	edad12_17	% de personas entre 12-17 años
	edad18_25	% de personas entre 18-25años
	edad26_40	% de personas entre 26-40 años
	edad41_65	% de personas entre 41-65 años
	edad66	% de personas entre 66 años y más
Educación	asiste_escuela6_17	% de personas entre 6-17 años que asiste_escuela
	asiste_escuela4_5	% de personas ebtre 4-5 años que asiste_escuela
	asiste_publico6_17	% de personas entre 6-17 años que asiste a institución _publico
	sin_educacion	% de personas en la PET sin_educacion
	primariaIncom_educacion	% de personas en la PET con primariaIncompleta
	primariaCom_educacion	% de personas en la PET con primariaCompleta
	secundariaIncom_educacion	% de personas en la PET con secundariaIncompleta
	secundariaCom_educacion	% de personas en la PET con secundariaCompleta
	tecnica	% de personas en la PET con educación tecnica
	universitaria	% de personas en la PET con educación universitaria
Mercado laboral	desempleado	% de personas desempleadas
	ocupado_pea	% de personas que ocupado de la PEA
	ocupado_pet	% de personas que ocupado de la PET
	formal_salud	% de personas que empleados formales (tiene salud contributva)
Pobreza	nevera	% de personas que cuenta con nevera
	lavadora	% de personas que cuenta con lavadora
	tvcolor	% de personas que cuenta con tvcolor
	tvcable	% de personas que cuenta con tvcable
	calenta	% de personas quer cuenta con calentador
	horno	% de personas que cuenta con horno
	vivienda_propia	% de personas que Tiene vivienda propia

Continua en la siguiente pagina

Continuación

Servicios públicos	energia	% de personas que cuenta con servicio público de energia
	alcanta	% de personas que cuenta con servicio público de alcantarillado
	gas	% de personas que cuenta con servicio público de gas
	telefono	% de personas que cuenta con servicio público de teléfono
	basura	% de personas que cuenta con servicio público de basura
	acueduc	% de personas que cuenta con servicio público de acueducto
	salud_contributiva	% de personas que Tiene salud_contributiva
	salud_subsidiada	% de personas que Tiene salud_subsidiada
	sin_salud	% de personas que No tiene servicio de salud
	pet	% de personas que en la PET
	pea	% de personas que en la PEA

ESCALA GEOGRÁFICA

En este caso el procedimiento para la construcción de las variables socio-económicas fue más extenso ya que a pesar de estar originalmente reportado a nivel, cabecera, centro poblado y rural disperso, fue posible desagregarlo a nivel veredal por medio de la información disponible en los registros. Una vez desagregado a nivel veredal se detectó la necesidad de agregar algunas veredas en regiones más grandes denominadas regiones analíticas; dichas regiones consisten en agrupaciones de veredas vecinas de tal forma que la agregación resultante contara con al menos 100 registros del Sisbén. Para este procedimiento de agregación se utilizó un algoritmo de cluster espacial propuesto por Duque, Anselin y Rey (2012) llamado de *Max-p-regions model*. La formulación matemática de dicho algoritmo se presenta a continuación:

Parameters:

i, I = Index and set of areas, $I = \{1, \ldots, n\}$;

k = index of **potential** regions, $k = \{1, \ldots, n\}$;

c = index of contiguity order, $c = \{0, \ldots, q\}$, with $q = (n-1)$;

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, \text{ if areas } i \text{ and } j \text{ share a border, with } i, j \in I \text{ and } i \neq j \\ 0, \text{ otherwise;} \end{cases}$$

$N_i = \{j | w_{ij} = 1\}$, the set of areas that are adjacent to area i;

d_{ij} = dissimilarity relationships between areas i and j, with $i, j \in I$ and $i < j$;

$h = 1 + \lfloor \log(\sum_i \sum_{j|j>i} d_{ij}) \rfloor$, which is the number of digits of the floor function of $\sum_i \sum_{j|j>i} d_{ij}$, with $i, j \in I$;

l_i = spatially extensive attribute value of area i, with $i \in I$;

threshold = minimum value for attribute l at regional scale.

Decision variables:

$$t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if areas } i \text{ and } j \text{ belong to the same region } k, \text{ with } i < j \\ 0, & \text{otherwise;} \end{cases}$$

$$x_i^{kc} = \begin{cases} 1, & \text{if areas } i \text{ is assigned to region } k \text{ in order } c \\ 0, & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Minimize:

$$(1) \qquad Z = \left(-\sum_{k=1}^{n} \sum_{i=1}^{n} x_i^{k0} \right) * 10^h + \sum_i \sum_{j|j>i} d_{ij} t_{ij}.$$

Subject to:

$$(2) \qquad \sum_{i=1}^{n} x_i^{k0} \leq 1 \qquad \forall k = 1, \ldots, n;$$

$$(3) \qquad \sum_{k=1}^{n} \sum_{c=0}^{q} x_i^{kc} = 1 \qquad \forall i = 1, \ldots, n;$$

$$(4) \qquad x_i^{kc} \leq \sum_{j \in N_i} x_j^{k(c-1)} \qquad \forall i = 1, \ldots, n; \ \forall k = 1, \ldots, n; \ \forall c = 1, \ldots, q;$$

$$(5) \qquad \sum_{i=1}^{n} \sum_{c=0}^{q} x_i^{kc} \, l_i \geq \text{threshold} * \sum_{i=1}^{n} x_i^{k0} \qquad \forall k = 1, \ldots, n;$$

$$(6) \qquad t_{ij} \geq \sum_{c=0}^{q} x_i^{kc} + \sum_{c=0}^{q} x_j^{kc} - 1 \qquad \forall i, j = 1, \ldots, n | i < j; \ \forall k = 1, \ldots, n;$$

$$(7) \qquad x_i^{kc} \in \{0, 1\} \qquad \forall i = 1, \ldots, n; \ \forall k = 1, \ldots, n; \ \forall c = 0, \ldots, q;$$

$$(8) \qquad t_{ij} \in \{0, 1\} \qquad \forall i, j = 1, \ldots, n | i < j.$$

Fuente: Duque et al (2012)

La complejidad matemática de esta formulación exige una solución no exacta conocida como solución heurística. Esta solución heurística consisten en un algoritmo que busca, de forma iterativa, alcanzar una solución óptima, en términos de la función objetivo presentada en la formulación exacta, mientras busca escapar de óptimos locales. Los principales pasos de la solución heurística se presentan a continuación:

Pseudo-code 1:

$P_p^{best} = \emptyset$, best partition.
$het = \infty$
$\Pi = \emptyset$, set of feasible partitions.
$\Psi = \emptyset$, set of partitions before enclaves assignment.
$maxP = 0$, maximum number of regions.

Construction Phase:

for $i = 1, 2, \cdots, maxitr$

do
- $\psi, \varepsilon, A' = \textbf{GrowRegions}(A, l, d, W, threshold)$
- $p = |\psi|$, number of regions in partition ψ
- **if** $p > maxP$
  - **then** $\Psi = \psi$; $maxP = p$
- **if** $p = maxP$
  - **then** $\Psi = \Psi \cup \psi$
- **if** $p < maxP$
  - **then** *pass*

for ψ in Ψ

do
- $P^{feasible} = \textbf{AssignEnclaves}(\psi, A^a, \varepsilon, d, W)$
- $\Pi = \Pi \cup P^{feasible}$

Local Search Phase:

for $P^{feasible}$ in Π

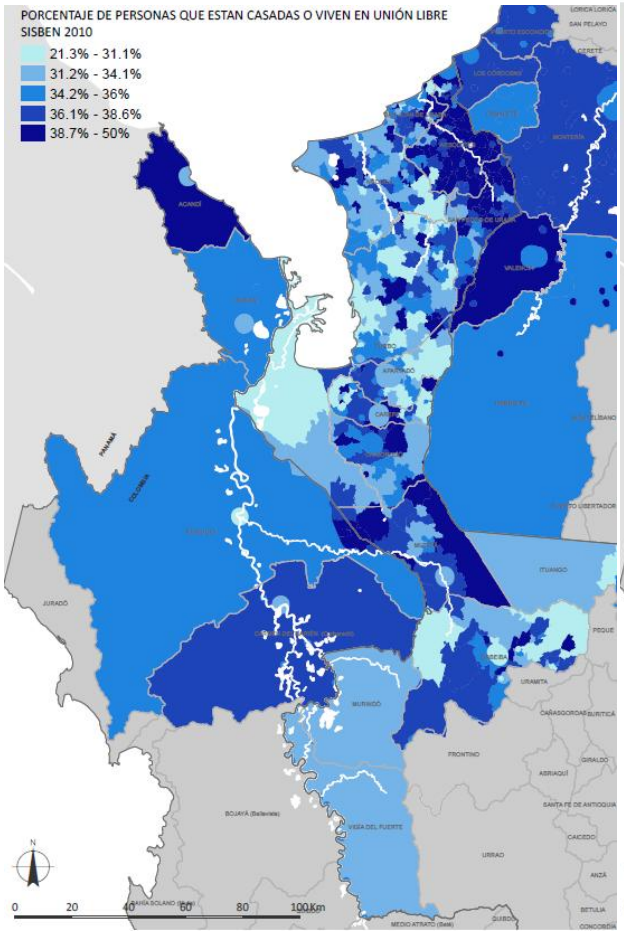
do
- $P_p^{current} = \textbf{LocalSearch}(P^{feasible})$
- **if** $H(P_p^{current}) < het$
  - **then** $het = H(P_p^{current})$; $P_p^{best} = P_p^{current}$

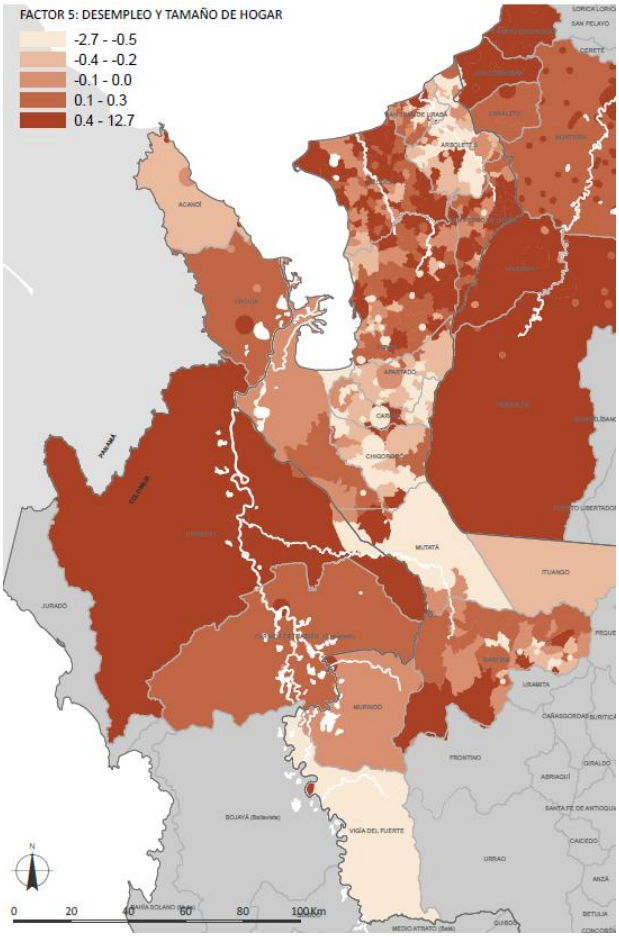
return P_p^{best}

Fuente: Duque et al (2012)

Para la aplicación de este algoritmo se utilizó la librería ClusterPy (Duque, Dev, Betancourt, & Franco, 2011) implementada por RiSE-group (www.rise-group.org). Para esta aplicación en particular se buscó agregar las veredas en grupos geográficamente compactos que, en conjunto, albergaran un mínimo de 100 encuestas del Sisbén. Con este número de encuestas, sería posible calcular tasas representativas para las diferentes variables analizadas. Los mapas que se presentan a continuación son ejemplos del nivel de desagregación espacial alcanzado con el algoritmo utilizado.

EJEMPLOS DE LOS MAPAS DE SISBÉN





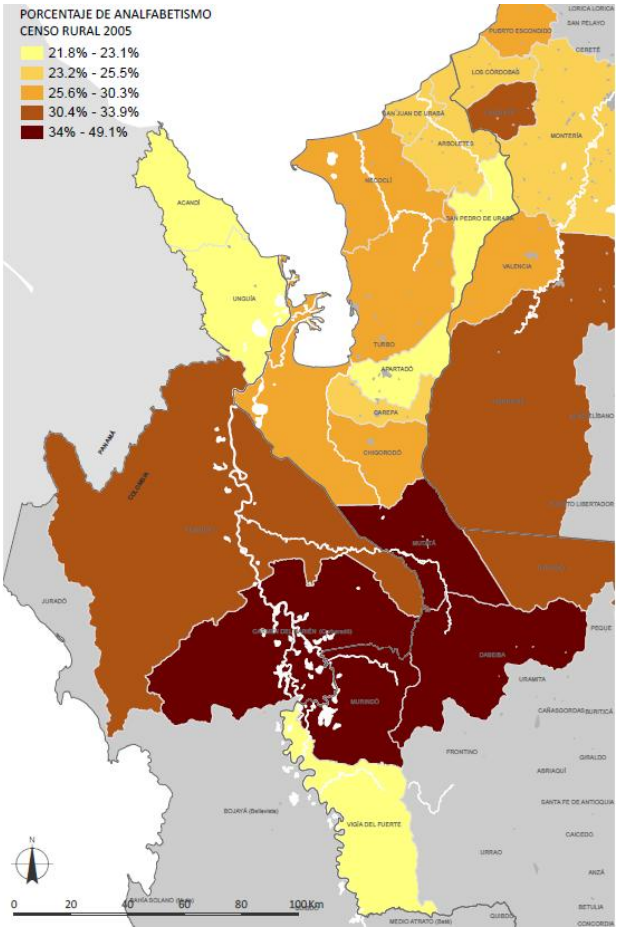
CENSO 2005

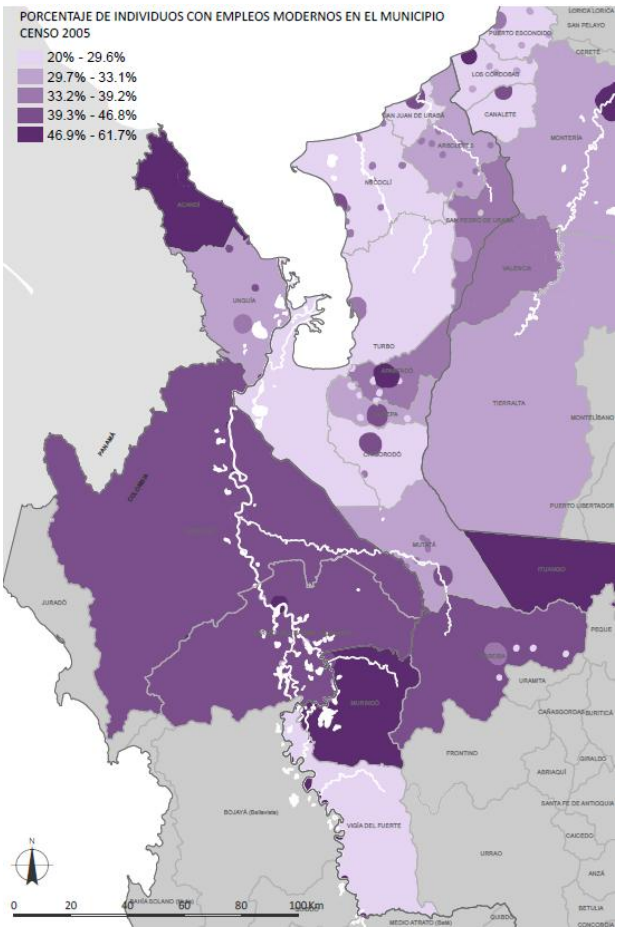
En el caso del censo la puesta a punto de los datos fue mucho mas sencilla ya que este se reporta por cabecera, centro poblado y rural y no fue posible llevarlo a una escala menor. En este caso se contaba con 41 variables:

Tabla 3: Variables disponibles en el Censo

Eje temático	Variable	Descripción
Demografía	bsexo	% de personas hombre
	edad0_11	% de personas entre 0-11 años
	edad12_17	% de personas entre 12-17 años
	edad18_25	% de personas entre 18-25años
	edad26_40	% de personas entre 26-40 años
	edad41_65	% de personas entre 41-65 años
	edad66	% de personas entre 66 años y más
	urbano	% de personas que Vive en el sector urbano o centro poblado
	etnia	% de personas no blancas del municipio
	no_moverse	% de personas con limitaciones para moverse en el municipio
	vivia5	% de personas que vivian en ese municipio hace 5 años
Educación	sin_educacion	% de personas en la PET sin_educacion
	primariaIncom_educacion	% de personas en la PET con primariaIncompleta
	primariaCom_educacion	% de personas en la PET con primariaCompleta
	secundariaIncom_educacion	% de personas en la PET con secundariaIncompleta
	secundariaCom_educacion	% de personas en la PET con secundariaCompleta
	tecnica	% de personas en la PET con educación tecnica
	universitaria	% de personas en la PET con educación universitaria
	analfabeta	% de analfabetismo de la escuela 2005
	libro	% de personas en el municipio que lee un libro o más al año 2005
	matematicas	Puntaje promedio del municipio en Matemáticas en las pruebas SaberPro 2009
	lenguaje	Puntaje promedio del municipio en Lenguaje en las pruebas SaberPro 2009
	educacion_pc	Recursos dedicados por el municipio para la educación, percapita 2009
Mercado laboral	desempleado	% de personas desempleadas
	ocupado_pea	% de personas que ocupado de la PEA
	ocupado_pet	% de personas que ocupado de la PET
	asiste_publico6_17	% de personas entre 6-17 años que asiste a institución _publico
Pobreza	tam_hogar	Tamaño promedio del hogar del municipio
	pc	Porcentaje de personas que usa Computador en el municipio 2005
	tiempo_escuela	Tiempo promedio que gastan los niños del municipio en ir a la escuela 2005
Servicios públicos	pet	% de personas que en la PET
	pea	% de personas que en la PEA

EJEMPLO DE LOS MAPAS CENSO





LOCALIZACIÓN DE MACRO-OFERTAS

En términos generales el proceso de localización de macro-ofertas se compone de tres partes, en la primera parte se hace una superposición ponderada de un conjunto de capas relevantes para la selección de una macro-oferta. En la segunda parte se ejecuta la metodología de clustering espacial propuesta por Anselin (1995) para encontrar cuales son las zonas estadísticamente más apropiadas para la localización de la macro-oferta. Una vez se localizan las macro-ofertas se pueden definir los requerimientos de conectividad entre zonas. En la Ilustración 2 se presenta gráficamente las etapas de este proceso, cada una de las cuales es explicada a profundidad a continuación.

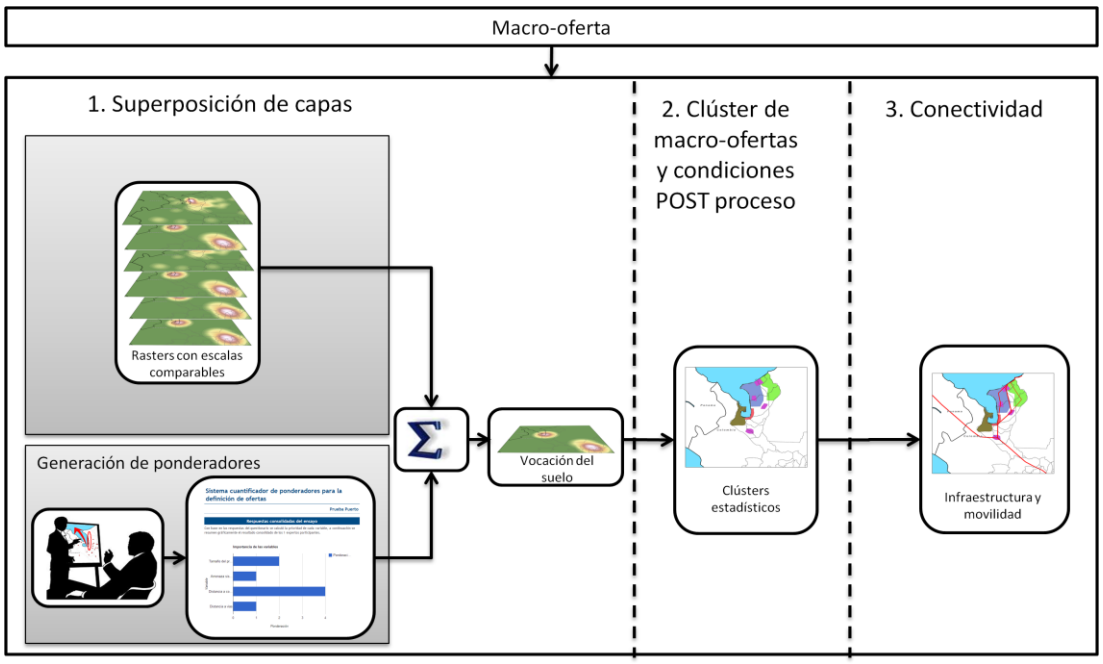


Ilustración 2: Ejemplo ilustrativo de la metodología para la localización de macro-ofertas

SUPERPOSICIÓN DE CAPAS

La metodología de superposición de capas está dividida en 3 partes (ver Ilustración 7). A continuación se describe brevemente cada fase especificando sus requisitos y resultados.

CAPAS DE ENTRADA

Para una macro-oferta determinada, las capas de entrada es un subconjunto de mapas, generados en la etapa de lectura del territorio, que son considerados clave en el proceso de localización espacial de la macro-oferta en estudio. Estas capas se clasifican en cuatro grandes grupos:

a) **Condiciones Sine qua non:** Capas que delimita de manera general la zona donde debe establecer una macro-oferta, por ejemplo, una franja de 3 km de ancho al sobre la línea costera para establecer una zona portuaria. Las restricciones sin equa non toman el valor de 1 donde se puede localizar la oferta y 0 donde no.

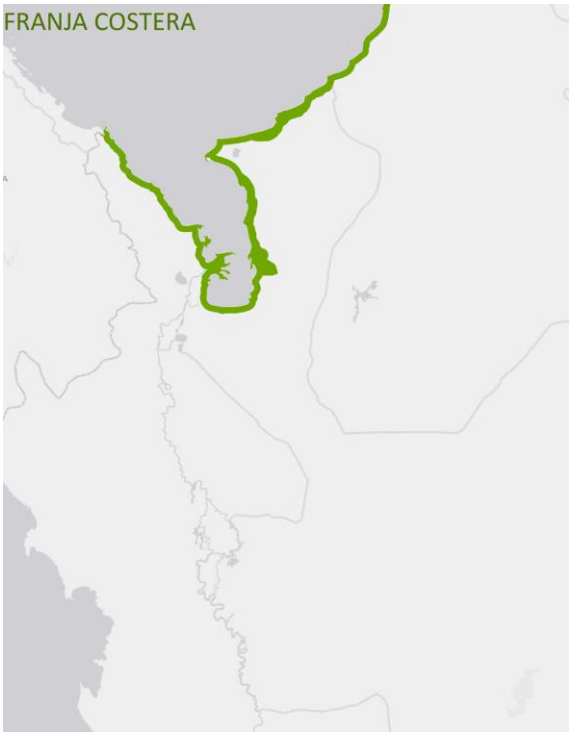


Ilustración 3: Condición sin equa non de la zona industrial portuaria

b) **Condiciones para ponderar:** Este conjunto de capas son las que entran en el proceso de ponderación de mapas. Nótese en la Ilustración 7 que para obtener las capas definitivas es necesario un pre-procesamiento que permita pasar de los tipos de datos originales (rásters,

polígonos, líneas, puntos) a rásters estandarizados con valores entre 0-10, siendo 0 la zona menos apropiada y 10 la zona más apropiada para la localización de un macro-oferta especifica. Este pre-procesamiento puede incluir la utilización de algunos métodos matemáticos y estadísticos como derivaciones numéricas, kernels gaussianos, interpolación, funciones de distancia, o simples transformaciones entre datos.

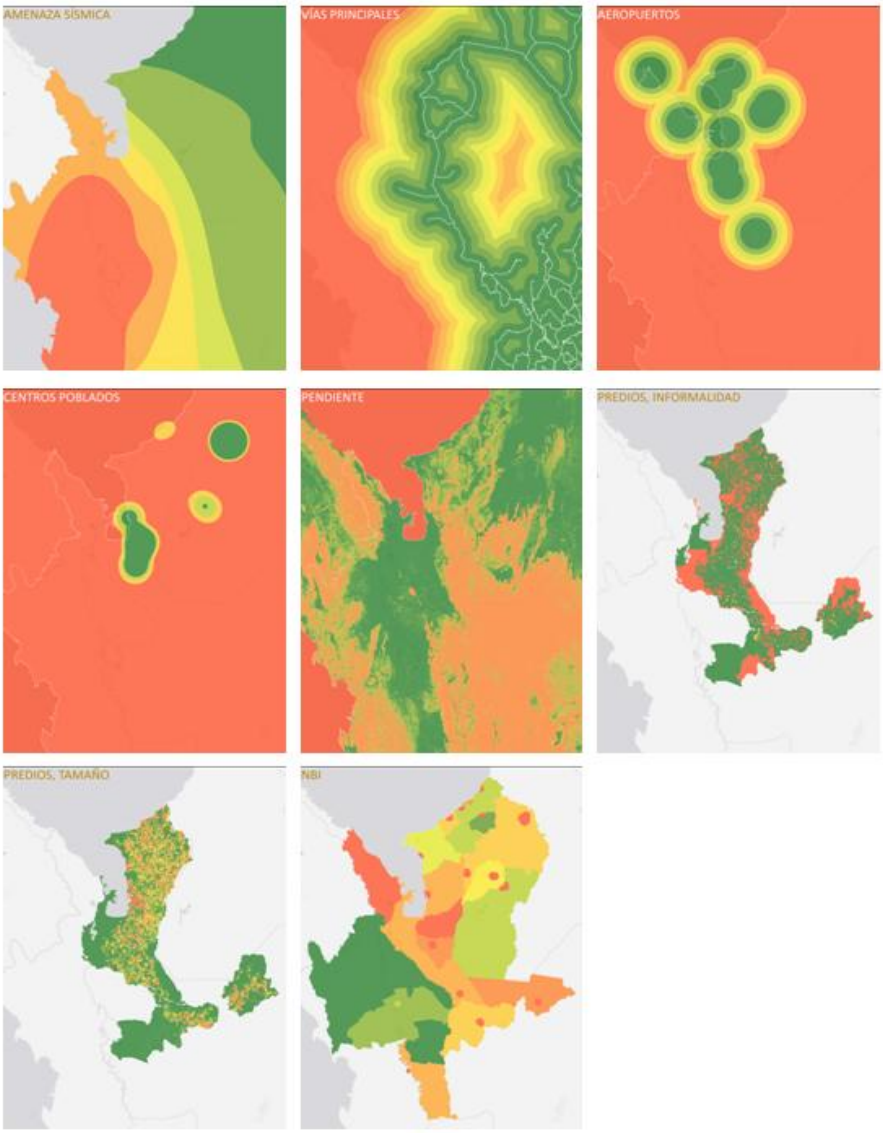


Ilustración 4: Capas para ponderar de la zona industrial portuaria

c) Restricciones totales: Zonas donde no puede establecerse una determinada macro-oferta**.** Las restricciones totales toman el valor de 1 donde la macro-oferta es posible y 0 en donde se quiere restringir su localización.

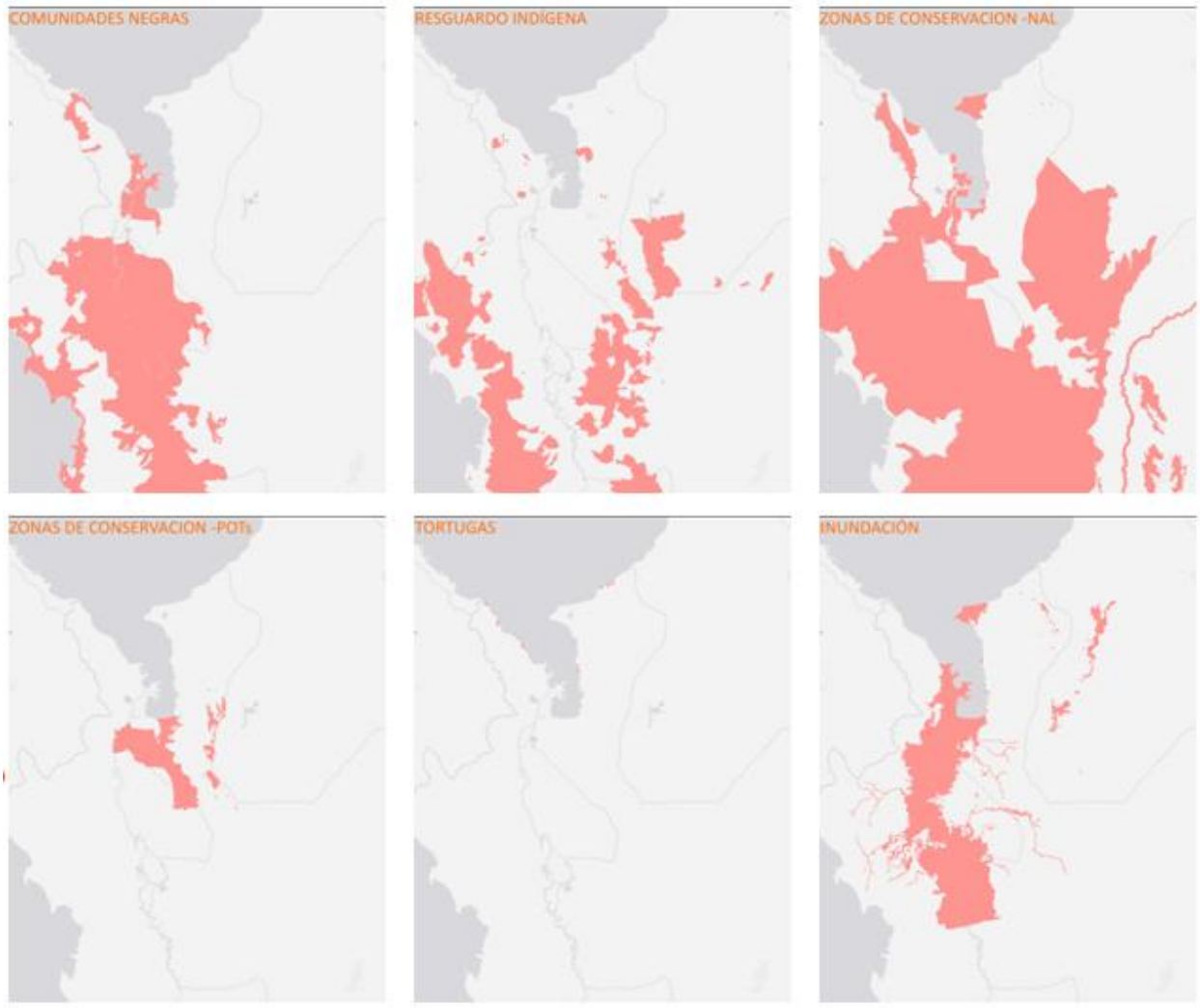


Ilustración 5: Restricciones de la zona industrial portuaria

d) Condiciones POST-proceso: Capas que por alguna razón no pueden ser ingresadas en la ponderación de mapas pero que pueden resultar claves para la selección o eliminación de un clúster.

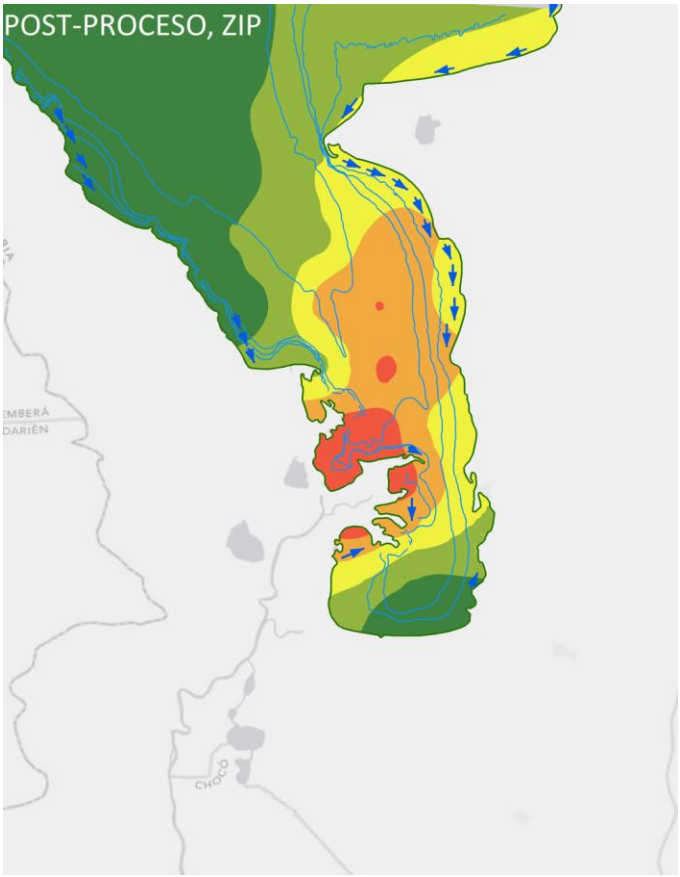


Ilustración 6: Condiciones post-proceso para la zona industrial portuaria

GENERACIÓN DE PONDERADORES

Una vez definidas las condiciones para ponderar de una macro-oferta específica es necesario establecer la importancia de cada una de las capas. Para esto se elaboran paneles de expertos en donde cada participante selecciona la importancia de cada capa con respecto a las otras para obtener el su vector de ponderadores. Una vez que todos los expertos generen su vector se obtiene generan el vector de ponderadores finales. Esta etapa se hace siguiendo la metodología denominada "Analytical Network Process" propuesta en (Saaty, 2004) y comúnmente utilizada para este tipo de problemas. En resumen los pasos para definir las ponderaciones para cada macro-oferta están definidas por:

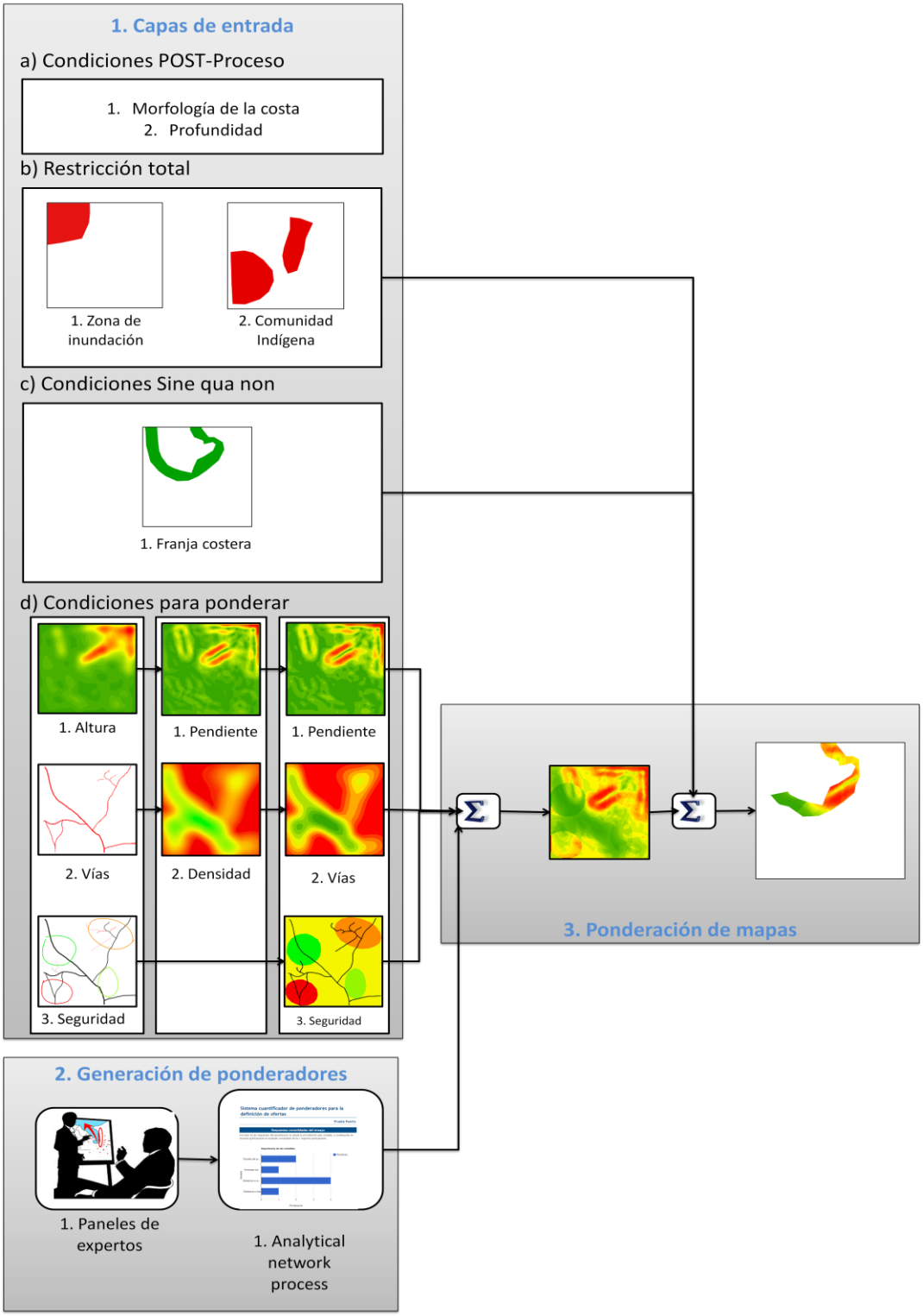
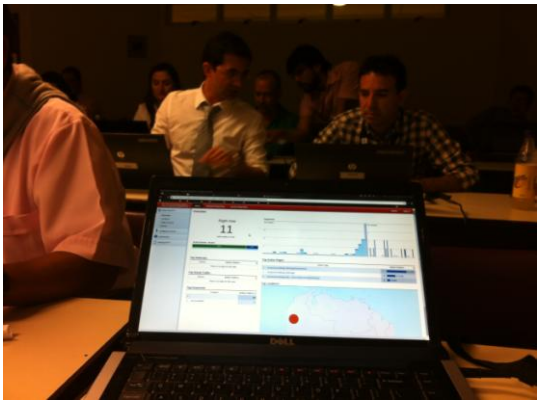


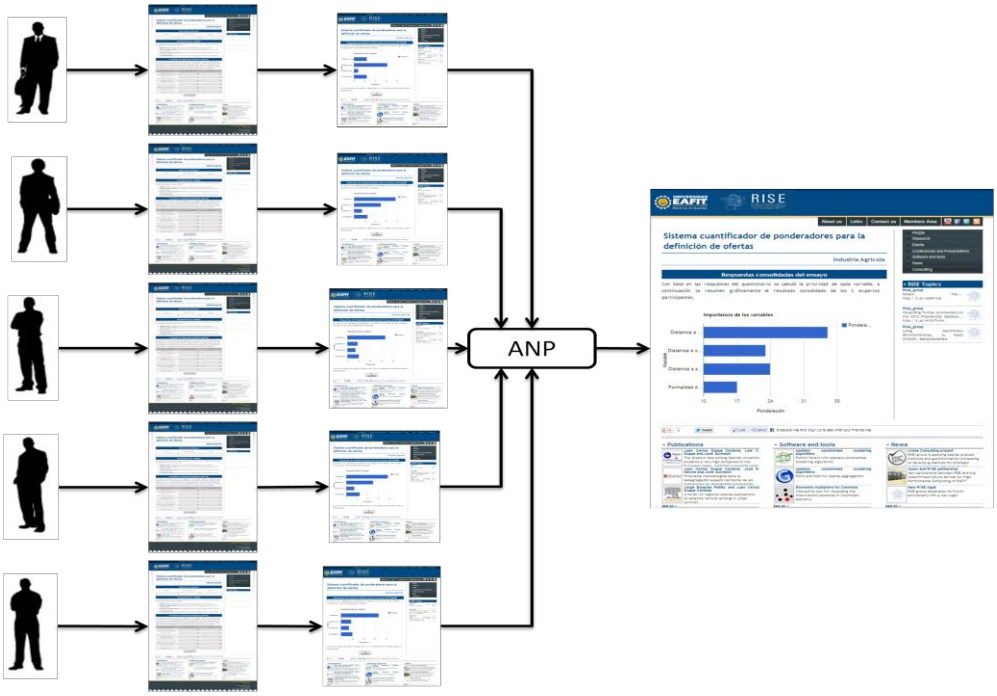
Ilustración 7: Ejemplo ilustrativo de superposición ponderada

1. Se crea una reunión con al menos 5 personas que conozcan en profundidad la macro-oferta que se desea localizar. Al comenzar la reunión se contextualiza la macro-oferta, se explica cada una de las condiciones para ponderar y se presentan sus respectivos mapas.



2. Utilizando la herramienta desarrollada por RiSE group para la selección de ponderadores, se establece que tan importante es cada condición respecto a las otras. La herramienta web desarrollada consiste en un formulario interactivo en donde se comparan por pares las condiciones para ponderar. Al completar el formulario cada experto podrá visualizar mediante un gráfico de barras su vector de importancia.

3. Una vez que cada experto confirme su vector de importancia se utiliza la media geométrica para generar el vector de importancias globales que entrara en la etapa de generación de capas junto con sus respectivas condiciones.



La importancia de cada condición será un numero entre 0 y 100 tal que la suma de las importancias sea igual a 100. Como ejemplo la Tabla 4 muestra un conjunto de ponderadores obtenidos para la localización del suelo industrial en donde la pendiente toma una importancia de 50, cercanía a vías 30 y seguridad 20[1].

Tabla 4: Ejemplo de importancia de las capas de entrada para ofertar suelo industrial

Macro-Oferta:	**Suelo industrial**
Capa de entrada	Importancia
Pendiente	50
Cercanía a vías	30
Seguridad	20

En resumen la metodología de Analytical Network Process (ANP) construye para cada experto, una matriz de $X_{nc\times nc}$, en donde $X_{ij} = 1/X_{ji}$ es la importancia de la capa i respecto a la j. Una vez construida la matriz se obtiene el vector de ponderaciones (p), que de acuerdo con (Saaty, 2004) está dado por la parte real del valor absoluto del vector principal valor propio (v_{max}) estandarizado de X. Formalmente el principal vector propio es aquel que soluciona (2), donde (λ_{max}) es llamado el principal valor propio y es el mayor de los valores (λ) que solucionan (1).

$$\det(A - \lambda I) = 0 \qquad (1)$$

[1] Estos ponderadores no son reales y se presentan solo de manera ilustrativa.

$$(A - \lambda_{max} I) v_{max} = 0 \quad (2)$$

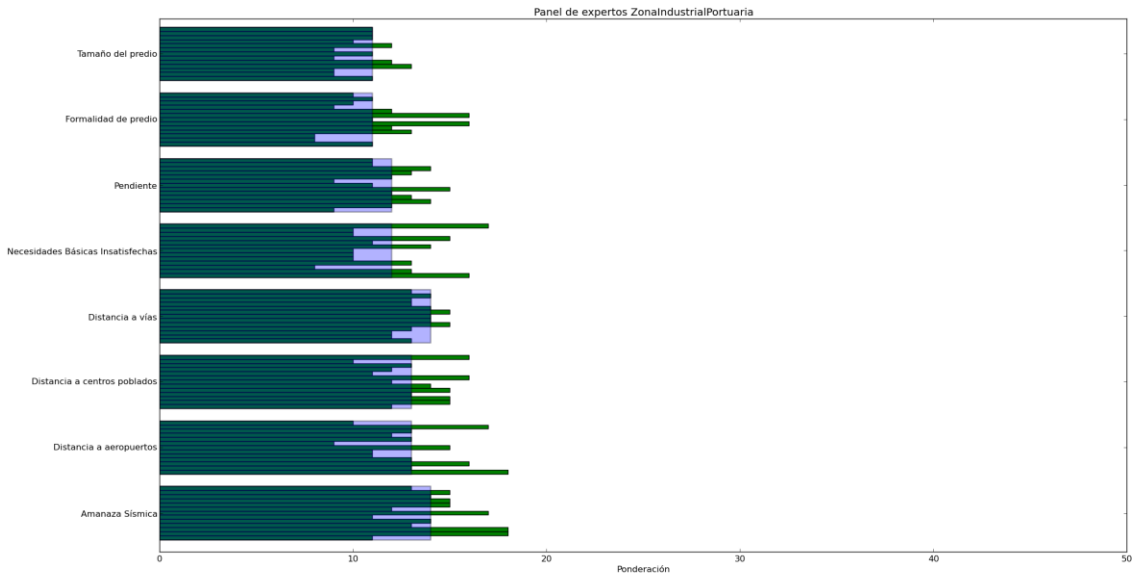


Ilustración 8: Ponderadores obtenidos para la zona industrial portuaria

PONDERACIÓN DE MAPAS

Para encontrar el raster que resume la vocación del suelo para cada macro-oferta se efectúa la suma ponderada de las capas de entrada tal que la vocación V para un punto p en el espacio esta dado por (3), donde $\boldsymbol{sen}$ es el conjunto de capas sin equa non, $\boldsymbol{rt}$ son las restricciones totales, $\boldsymbol{cp}$ son las capas para ponderar y $|\boldsymbol{cp}|$ el número de capas a ponderar. Nótese entonces que la salida de este proceso es un nuevo ráster cubriendo las porciones del área de estudio donde halla disponibilidad de datos.

$$V_p = \bigcup_{x \in sen} x * \prod_{y\ in\ rt} y * \sum_{i=1}^{|cp|} p_i\, cp_i \quad (3)$$

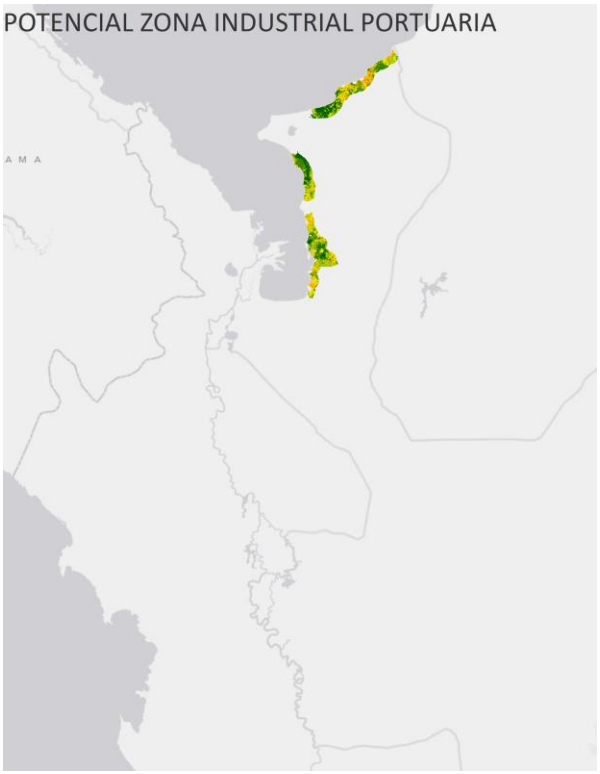


Ilustración 9: Resultado de la ponderación de capas para la zona industrial portuaria

GENERACIÓN DE CLUSTERS Y CONDICIONES POST-PROCESO

Una vez encontradas las vocaciones de una macro-oferta el siguiente paso es encontrar las áreas que estadísticamente sean miembros de un clúster, entendiendo como clúster a un conjunto de áreas con valores similarmente atípicos. Para esto se usa el estadístico I local de Moran, el cual está dado por (4) para cada área (i), donde x_i es la vocación de cada ubicación, $\bar{X}$ es la media de las vocaciones, w_{ij} toma el valor de uno si 1 si el area i comparte frontera con el area j y 0 en otro caso, n es el número total de áreas, y S_i^2 esta dada por (5). La interpretación del estadístico I es simple, tomando valores positivos para áreas con valores similares, como las áreas dentro de un clúster, y valores negativos para áreas rodeadas con valores disimiles.

$$I_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S_i^2} \sum_{j=1, j\neq i}^{n} w_{i,j}\,(x_i - \bar{X}) \tag{4}$$

$$S_i^2 = \frac{\sum_{j=1.j\neq i}^{n} w_{ij}}{n-1} - \bar{X}^2 \tag{5}$$

Como es de esperarse el es estadístico I no es suficiente para determinar si las áreas con indicador positivo, estadísticamente pertenecen a un clúster. Para determinar esta significancia se utiliza el valor Z dado por (6) donde V y $E[I]$ están dados por (7) y (8) respectivamente. Posteriormente usando el valor Z se confirma o rechaza la hipótesis que sostiene que el área i no pertenece a un clúster.

$$Z_i = \frac{I_i - E[I_i]}{\sqrt{V[I_i]}} \tag{6}$$

$$E[I_i] = -\frac{\sum_{j=1, j\neq i}^{n} I_j}{n-1} \tag{7}$$

$$V[I_i] = E\left[I_i^2\right] - E[I_i]^2 \tag{8}$$

El conjunto de áreas que estadísticamente pertenezcan a un clúster pueden ser entendidas como localizaciones apropiadas de la correspondiente macro-oferta. En caso de existir varios clústers, se pueden priorizar algunos por medio del conocimiento previo de la zona y las capas post-procesamiento.

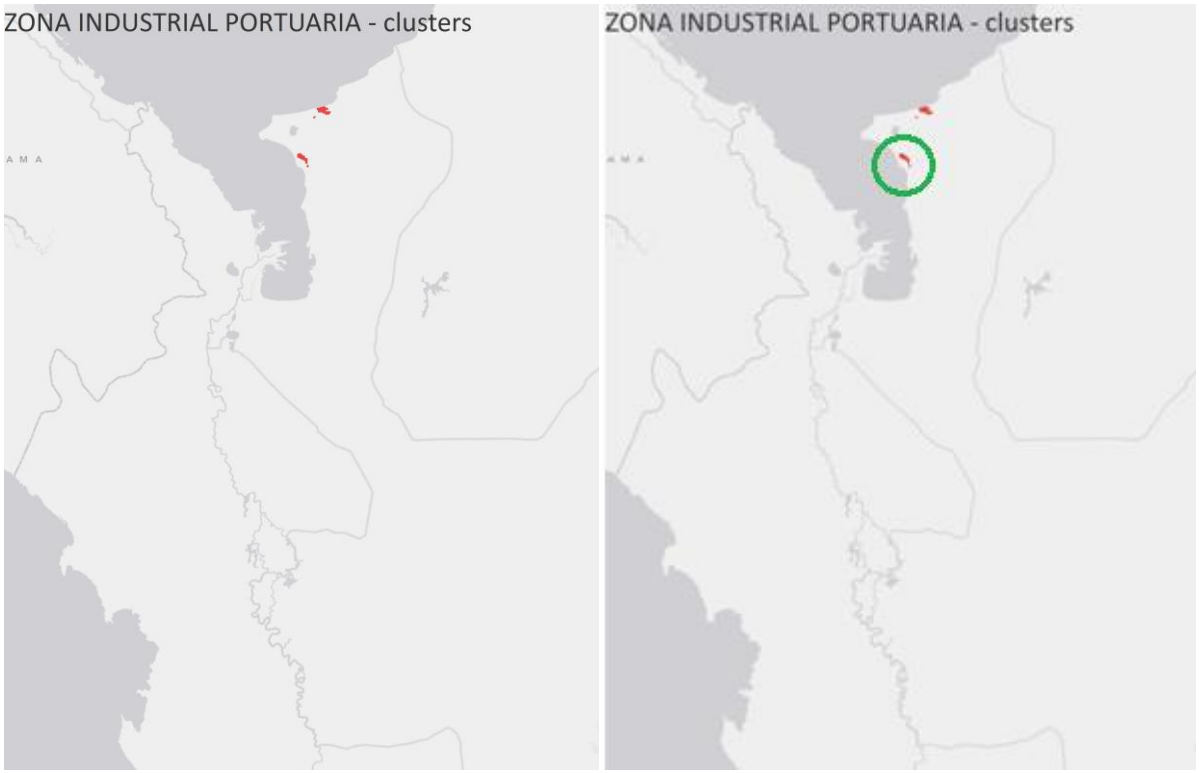


Ilustración 10: Ejemplo de clústers y priorización basada en la lectura del territorio

CONECTIVIDAD

Basándose en la localización de las macro-ofertas se proponen algunas infraestructuras necesarias para la correcta articulación entre las macro-ofertas que permitan un desarrollo dinámico y sostenible de la zona.

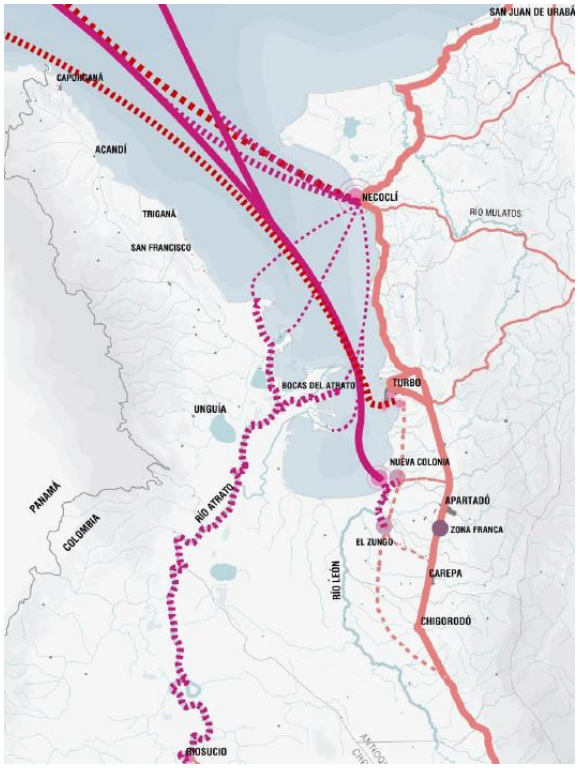


Ilustración 11: Conectividad de la zona de estudio

BIBLIOGRAFÍA

Anselin, L. (1995). Local Indicators of Spatial Association—LISA. *Geographical Analysis* , 93-115.

Duque, J. C., Anselin, L., & Rey, S. J. (2012). the Max-P-Regions Problem. *Journal of Regional Science , 52* (3): 397-419.

Duque, J. C., Dev, B., Betancourt, A., & Franco, J. L. (2011). clusterPy. Medellín, Antioquia, Colombia.

Saaty, T. L. (2004). Fundamentals of the analytical network process dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of System Science and Systems Engineering* , 129-157.