INDICE

ECONOMI
VOLUMEN III / N.5 JUNI

PRESENTACION

Modelos del Lugar Central y Teoría de Grafos.

ÁLVARO ORTIZ S.

En el análisis económico es frecuente encontrar que implícitamente se supone que la actividad económica se desarrolla en un punto. No existen ni la distancia ni el transporte, estamos en una economía puntiforme[1].

En economía espacial, los especialistas han utilizado casi siempre una definición matemática particular del espacio, construyendo así sus teorías y modelos en un espacio métrico euclidiano de una o dos dimensiones.

Esta representación formal mediante el segmento de recta o el plano euclidiano parece ser natural y suficiente, puesto que ha permitido una formalización rigurosa y abstracta que ha llevado a una geometría espacial. Así por ejemplo, las localizaciones son asimiladas a puntos inmateriales, las áreas de mercado a rectas o círculos (Hotelling, Palander), las regiones a hexágonos (Lösch), el ordenamiento de cultivos a círculos (von Thünen) y las figuras de localización industrial a triángulos (Weber) o a polígonos cualquiera (Isard). En síntesis, desde el punto de vista de la teoría abstracta estos espacios privilegian las figuras de la geometría elemental.

Desde el punto de vista económico las hipótesis deben ser coherentes con la isotropía[2] del espacio:

i) Se postula un bien homogéneo sometido a la ley de la oferta y la demanda.

ii) El efecto del transporte es indiferenciado.

iii) Posibilidad de desplazarse indiferentemente en cualquier dirección.

iv) Las condiciones de oferta y demanda deben ser las mismas en todos los

* Economista, Universidad Nacional Agraria, La Molina; Magister en Economía, Pontificia Universidad Católica del Perú, ha completado sus estudios de Doctorado en Matemáticas Aplicadas a la Economía, Universidad de Dijon (Francia). Profesor del Departamento Académico de Economía y Planificación, Universidad Nacional Agraria, La Molina y en el Departamento Académico de Economía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

1 En la célebre "Llanura homogénea" de los téoricos espaciales, todas las características económicas son idénticas en cualquier lugar, la economía espacial y la economía puntual aespacial se superponen.

2 El postulado de la homogeneidad en términos del economista es el de la isotropía en el lenguaje de los matemáticos. Más formalmente, diremos que un espacio económico es isótropo, si y sólo si, una propiedad dada P es la misma en cualquier dirección en torno a un punto del espacio E, o bien, una misma magnitud G es constante en todas las direcciones alrededor de un punto del espacio E.

lugares y para todos los bienes.

v) La función de producción debe poseer en todas partes propiedades análogas.

vi) La dispersión de los factores de producción debe ser la misma en cualquier lugar.

vii) Los precios F.O.B. son dados.

viii) Los precios C.I.F son iguales a los precios F.O.B más la tarifa de transporte, y

ix) La información es perfecta.

En definitiva, al haber asimilado el espacio económico a un espacio euclidiano se ha limitado el alcance de la teoría por la hipótesis de homogeneidad y se ha restringido su carácter explicativo en la medida que sólo pueden ser analizadas estructuras continuas.

El espacio económico inevitablemente es heterogéneo y discontinuo; basta considerar las zonas monetarias, los costos degresivos con la distancia y los rendimientos agrícolas tan variables en el espacio para estar convencidos de la heterogeneidad. Las fronteras políticas, administrativas y los accidentes geográficos no hacen sino confirmar el carácter discontinuo del espacio.

En el presente artículo, por una parte pondremos énfasis en el carácter relacional de la totalidad que estudia el análisis estructural y por otra vamos a caracterizar el espacio por su heterogeneidad y discontinuidad. Ambas consideraciones especifican el espíritu de nuestro análisis más no las herramientas aptas para el mismo. En otras palabras, la aproximación estructural y la utilización de espacios económicos no métricos nos conducen directamente a la topología, que en un sentido amplio, es aquella rama de la ciencia que concierne a ciertas propiedades de las figuras geométricas que permanecen invariantes cuando la superficie sobre la cual han sido trazadas sufre deformaciones particulares. Nuestra metodología encuentra su fuente, por lo tanto, en la teoría de las relaciones que desemboca en la teoría de grafos.

II. CRECIMIENTO URBANO, ESPACIOS MATEMATICOS Y ESTRUCTURAS POBRES.

Una de las cuestiones menos elaboradas dentro del campo de la economía espacial es la teoría del crecimiento urbano y regional.

Existen muy pocos modelos de crecimiento urbano y dejando de lado importantes trabajos de sociólogos y ecólogos pueden ser apreciados dos niveles:[3] el macro-urbano o modelos de sistemas de ciudades en los que el

3 B. Massam,– "Construction des Modèles Urbains". *Metra.*, xi (1972), pp. 279-282.

sistema urbano está constituído por un conjunto de puntos (ciudades, aglomeraciones) en un país o región; y el intra-urbano en los que se estudia el centro urbano per-se, o sea, una región delimitada por fronteras administrativas. En ambos niveles, el quehacer clásico consiste en describir las relaciones funcionales por medio de ecuaciones y luego examinar la sensibilidad de los modelos cuando cambian los valores en el tiempo y en el espacio.

En este trabajo nos interesamos en los modelos del primer nivel, en los cuales las teorías que tratan del crecimiento urbano y regional pueden ser resumidas en:

i) La teoría del mercado, desarrollada primero a nivel internacional, examina las ventajas comparativas de las actividades económicas.

ii) La teoría de la localización, que trata de explicar la configuración espacial de las actividades económicas, y

iii) La teoría de la base económica, que sugiere que el crecimiento urbano y regional está directamente ligado al valor de las actividades que la ciudad o región exporta.

Un modo de producción no sólo funciona en un espacio sino que produce un espacio estructurado de acuerdo con las exigencias técnicas y sociales de su reproducción. La localización de las actividades económicas es el momento culminante de esta estructuración.

Dentro de la teoría de la localización, el llamado análisis del "Lugar Central" es el que ha recibido más atención por parte de los especialistas del crecimiento urbano. Fue desarrollada por primera vez en forma sistemática por el geógrafo alemán W. Christaller en su "Die Zentralen Orte in Suddeüschland"[4] y A. Lösch fue el primer economista en proporcionar bases más sólidas al sistema de Christaller. La formulación moderna ha sido realizada por B. Berry al haberla liberado de los complicados supuestos sobre la forma y el carácter homogéneo de las áreas de mercado al presentarla en términos de "ámbito de difusión" o área de mercado de un lugar central para un bien determinado y de "umbral" o dimensión mínima de mercado debajo de la cual todo centro es incapaz de proporcionar un bien central[5].

La formalización de problemas espaciales sin tener que asociar a los espacios económicos ningún tipo de espacio métrico es factible. El recurso a la topología llamada "Geometría del plástico" por M. Frechet va a permitirnos un análisis riguroso de ciertas propiedades cualitativas como pueden ser las nociones

4 La obra de W. Chistaler ha sido traducida al inglés en 1966, con el nombre de *"Central Place in Southern Germany"*.

5 Para una discusión de los modelos de lugares centrales, puede consultarse: A. Ortiz, "Espacios Económicos, Jerarquía de Lugares Centrales y Teoría de Grafos: Algunas Reflexiones Teóricas y una Aplicación Empírica", (Universidad Católica del Perú, Tesis de Magister en Economía, 1980), pp. 10-45.

de vecindad, proximidad o distancia. Las estructuras topológicas son herramientas que se adaptan bastante bien para el estudio de los fenómenos económicos por que las propiedades topológicas de un conjunto son invariantes bajo ciertas condiciones de continuidad. Tal particularidad presenta un interés evidente para el análisis económico dado que cualquier conjunto, como por ejemplo, los agentes económicos, los sectores económicos, las instituciones económicas, entre otros, pueden ser dotados de una topología basándose en las relaciones que mantienen entre sí los elementos del conjunto.

Debemos abrir, sin embargo, un paréntesis para hacer una precisión terminológica. Consideramos un espacio topológico no en el sentido abstracto del término, o sea, espacios topológicos definidos a partir de conjuntos de abiertos sino más bien espacios asimilados a grafos, uno de los capitulos de esta disciplina que toma a su cargo el desarrollo contemporáneo de la llamada geometría de posición o *analysis situs.*

Esta forma de enfocar el problema no es nueva. El uso de la teoría de grafos en el análisis espacial en donde el profesor C. Ponsard no es sólo el principal iniciador sino también el autor más representativo no es fortuito. Esta corriente se inscribe en un movimiento más general, pues a medida que nuestras representaciones del espacio económico se afinan podemos pasar de la continuidad a la discontinuidad, de la isotropía a la anisotropía y de una cuasi homogeneidad inicial a una cierta heterogeneidad.

El hecho de ligar el espacio económico a un grafo va a tener consecuencias importantes para el análisis:

i) El espacio económico es considerado como discontinuo, anisótropo y heterogéneo.

Por definición, el número de vértices de un grafo es finito, lo cual lleva a suponer que el número de lugares económicamente significativos es finito, además, la disposición de los vértices de un grafo es arbitraria, luego, la noción de convexidad ya no tiene ningún sentido[6].

La red de transporte es tomada con todos los refinamientos deseados, como un dato. Los costos de la distancia y los gastos de transporte principalmente, no necesariamente son proporcionales a las distancias geográficas o en línea recta.

El carácter inevitablemente heterogéneo de las relaciones económicas es respetado ya que se diferencian y aislan cada una de las relaciones que establecen

---

6 Un espacio es convexo si: $x_1, x_2 \in E \rightarrow \forall\ t \in [0,1]$ se tiene $t x_1 + (1-t)x_2 \in E$. Notar que la convexidad asegura de hecho la continuidad, pero aquí se trata de una continuidad en sentido económico y no matemático.

los elementos del sistema.

ii) Los problemas espaciales pueden ser formalizados sin tener que considerar a los espacios económicos como espacios dotados con una métrica. El modelo económico se construye en esta representación "gráfica" del substrato considerando generalmente funciones locales de producción y funciones locales de demanda,

iii) El espacio económico asimilado a un espacio topológico se beneficia con todos los algoritmos de este último.

La analogía espacio económico-espacio matemático (como cualquier analogía) es cómoda, aunque como es natural presenta algunos inconvenientes que deben se explicitados.

Decimos que la analogía es cómoda porque todas la leyes del espacio matemático, así como las herramientas de análisis que le son propias se aplican al espacio económico, por lo que no es necesario o imprescindible forjar útiles propios para el análisis.

Los inconvenientes provienen principalmente de cuatro causas:

i) Las propiedades de la estructura matemática se convierten en propiedades del espacio económico y recíprocamente las propiedades del espacio económico se limitan sólo a las propiedades del espacio matemático. Esta reciprocidad lleva a que el análisis espacial se sitúe con un cuerpo de hipótesis muy restringido, lo que limitaría el alcance de su desarrollo y le imprimiría cierta rigidez[7].

ii) Los tipos de relaciones entre los elementos de un espacio matemático que resultan de su axiomática son específicos a este espacio, es decir, no puede afirmarse que estas relaciones traduzcan otras relaciones que puedan mantener entre sí los elementos del espacio económico.

iii) Por que está cerca de la red técnica de transporte el grafo da una representación desencarnada del espacio económico, desestimando en algo las dimensiones sociológicas y humanas.

iv) El progreso o desarrollo de la economía espacial estaría subordinada y sería dependiente del desarrollo de las herramientas matemáticas.

Sin duda, en estos puntos radica el límite esencial: la teoría de grafos no conduce (en el estado actual) a una integración de lo espacial y lo económico sino a una superposición de los económico sobre una formalización discreta y relativamente simple del espacio físico.

7 Cuando se utiliza la geometría euclidiana, el profesor C. Ponsard advierte que "las hispótesis económicas implícitas o explícitas hacen que la teoría a las cuales sirven de fundamento cubran un campo muy exiguo", queriendo decir con esto que su valor operativo es muy pobre por lo que el análisis es muy restringido.

Partiendo de esta representación, sin embargo, se han obtenido resultados muy interesantes en términos de flujos espaciales y en términos de estructuras regionales y espaciales. En este sentido, R. Lantner[8] ha examinado tres tipos de aproximaciones: los problemas de transporte, el análisis por grafos cualitativos y el análisis por grafos de influencia.

Examinar exhaustivamente estas representaciones es una finalidad mayor que escapa a los objetivos del presente trabajo. Por lo tanto, nos detendremos sólo muy brevemente en el análisis estructural cualitativo, título bajo el cual incluímos a toda la metodología prestada a la teoría matemática de grafos no valuados, la misma que nos sugiere tres posibles vías de investigación: la articulación espacial; la estructura espacial cualitativa: descentralización y desconcentración; ; y la jerarquía espacial.

En la articulación espacial, a un sistema de intercambio especializado le es asociado un grafo cualitativo o matriz booleana con el fin de poner en relieve el esqueleto de las relaciones de cambio que consta de caminos, arborescencias y circuitos. Recurriendo a la teoría de la reducción, la idea es definir componentes simple o fuertemente conexos articulados para llegar de esta manera a los conceptos de filial y complejo espacio industrial[9].

En los problemas de descentralización y desconcentración, la teoría de grafos no valuados permite apreciar las posibilidades de evolución o las densidades de las relaciones entre unidades territoriales autónomas, logrando así que los efectos directos o indirectos de las decisiones que esta unidades toman aparezcan más claramente.

En la jerarquía espacial, los procedimientos a los que puede recurrirse son múltiples y variados. Algunos de ellos son el resultado inmediato de una decisión o elección y corresponden a una intención deliberada de organización, otros en cambio, aparecen como resultantes de una serie de intervenciones en las que interfieren las acciones humanas, los comportamientos y los factores naturales. En cada caso, los diferentes modelos de jerarquización deben revelar la estructura del fenómeno, sus relaciones de subordinación, obtener sus componentes y enunciar sus propiedades[10]. En la materia que nos ocupa, estos procedimientos tratan de captar el fenómeno de dominación espacio-industrial que pensamos es fundametal para la comprensión de las asimetrías, disparidades

8 R. Lantner, "L'apport de la Théorie des Graphes aux Representations de l'Espace Economique", (Universidad de Dijon, Instituto de Matemáticas Económicas, Documento de Trabajo 27, 1978).

9 Véanse por ejemplo los excelentes trabajos presentados en *"Le Diagraphe"*(Cahiers du Centre Economie, Espace, Environnement) París, 1977.

10 Ha sido demostrado que los modelos de jerarquización por numerosos y variados que sean obedecen a una ley llamada pseudo-función de Grundy, Véase: C. Ponsard, "Les modèles de Hierarchisation et la pseudo-fonction de Grundy", *Revista Internazional de Scienze Economiche a Commerciali*, vx (1968), pp. 122-131.

del crecimiento espacial y desarrollo regional.

III. LUGARES CENTRALES Y MODELOS TOPOLOGICOS DE JERARQUIA.

Al haber elegido al grafo como la estructura matemática que va a representar a un espacio económico lo que estamos haciendo es decir que lo único que va a tener importancia para nosotros es la situación de los vértices y las relaciones que éstos mantienen entre sí al interior de la estructura bajo estudio, de manera que el espacio económico deviene deformable.

En el análisis económico espacial, los vértices del grafo o grafos considerados son puntos del espacio geográfico o económico, y sus relaciones, pueden simbolizar la existencia de una vía de comunicación (por lo que el grafo será llamado de soporte material), o, aún, cualquier relación posible entre puntos del espacio. Por consiguiente, asimilaremos el espacio a una constelación de centros puntuales agrupados al interior de una red de interrelaciones, lo cual pensamos no constituye una hipótesis restrictiva *vis-à-vis* de los modelos concebidos en la tradición habitual.

Esta manera de enfocar el problema permite afirmar que las hipótesis realizadas sobre la estrctura del espacio van a modificarse: en el caso de un grafo a soporte material, la continuidad se da a lo largo del soporte y no en todos los puntos del espacio. La distancia es definida como la longitud del camino más corto entre dos puntos, pero, este camino más corto no se postula en referencia a la línea recta, significando esto que la hipótesis de homogeneidad es levantada.

La utilización de la teoría de grafos para poner en evidencia una jerarquía de lugares centrales ha sido ya llevada a cabo por J. Nystuen y M. Dacey[11], así como por P. Lheritier[12].

Al analizar la metodología de Nystuen y Dacey, hemos encontrado que las relaciones indirectas se realizan sólo por los caminos más importantes, pues como los mismos autores lo reconocen... "es extremadamente dudoso que la matriz B (cuyo término general b_{ij} representa la influencia total directa e indirecta de i hacia j) sea la medida mas apropiada de las influencias totales directas o indirectas, es más una medida de un contacto indirecto casual entre dos centros"[13]. Es obvio que ésto además implica que la mayoría de las relaciones indirectas no sean tomadas en cuenta. Por otra parte, el coeficiente

11 J. Nystuen y M. Dacey.- "A Graph Theory Interpretation of Nodal Regions",, *Papers and Proceedings of the Regiondl Science Association*, vii (1961), pp. 29-43.

12 P. Lheritier.— "La Théorie des Places Centrales", (Universidad de Dijon, D.E.P. Tesis, 1970) pp. 120-140.

13 J. Nystuen M. Dacey, *Op. cit.* p. 37

utilizado para definir una relación de dominación entre dos vértices no creemos sea el más significativo. Por último, el método no liga satisfactoriamente la teoría de los lugares centrales y el potencial aportado por la teoría de grafos para obtener una jerarquía de centros urbanos en la región de Seattle.

Por su parte P. Lheritier logra establecer una metodología adecuada en el planteo de las relaciones de dominación, consiguiendo articular la teoría de grafos con la de los lugares centrales. Sin embargo, en la aplicación empírica no llega a explicar cómo el fenómeno de la interdependencia va a encubrir al de dependencia por las disimetrías de posición al interior del sistema. Además, gran parte de sus esfuerzos para obtener una jerarquía de centros urbanos en las regiones de Borgoña y Franche-Comté los dedica a la aplicación de la función de Grundy como fundamento de su modelo, pero esta función proporciona resultados significativos sólo a condición de definir los centros urbanos de manera homogénea, lo cual no es viable por el material estadístico utilizado, ya que los flujos telefónicos no lo permiten.

1. *Los datos.*

Una de las pocas fuentes de información disponibles para el estudio de las relaciones inter-ciudades están dadas por las estadísticas de tráfico telefónico.

Las asociaciones urbanas por naturaleza son multidimensionales, por consiguiente, los *hinterlands* urbanos están definidos por una multiplicidad de flujos que corresponden a cada función del lugar central. Estos flujos pueden ser financieros, comerciales, migratorios, postales, telefónicos, etc., y a cada función le corresponde una jerarquía de centros.

Los especialistas en economía espacial han propuesto utilizar el número de llamadas telefónicas como un índice de la asociación multidimensional entre centros[14]. Este índice, naturalmente, no está exento de críticas; la principal sería que las comunicaciones personales podrían perturbar las relaciones funcionales entre los centros. En nuestro conocimiento no hay ningún estudio que confirme o no la validez de la misma, además, la ausencia de otras fuentes estadísticas de las relaciones entre ciudades nos llevan a aceptar, al igual que otros autores, que los flujos telefónicos son uno de los mejores índices individuales de todos los contactos funcionales, pues presentan la gran ventaja de obviar el uso de algún coeficiente que pondere las contribuciones individuales.

La información que emplearemos proviene de la Empresa Nacional de Telecomunicaciones del Perú (ENTEL PERU) que releva conteos trimestrales del número de llamadas. Para tal efecto, ENTEL PERU ha "regionalizado" el país en

14 Véanse por ejemplo los trabajos de W. Christaller, P. Lheritier y el de J. Nystuen y M. Dacey

11 zonas que cubren prácticamente todo el territorio nacional[15].

El Caudal de información (la matriz nacional tiene una dimensión de 237x237) hace extremadamente difícil el tratamiento de la misma, razón por la cual hemos elegido trabajar con lo que denominaremos "Región Norte" que comprende las zonas de Chiclayo, Chimbote, Piura y Trujillo. Las cifras utilizadas provienen de los listados proporcionados por ENTEL PERU para el trimestre Abril-Junio de 1978.

En la matriz Regional Norte, que emplearemos en lo sucesivo, hemos eliminado sistemáticamente todas aquellas centrales que tienen una demanda zonal inferior a la del promedio respectivo. Los centros conservados, así como el número de comunicaciones entre ellos se presentan en el Cuadro 1.

2. *El modelo de la Centralidad Absoluta*[16].

Si cada polo o ciudad depende o influencia a todas las demás, intuitivamente es claro que esta dependencia o influencia no es sólo simétrica, sino que por el contrario existen importantes disimetrías en esta especie de interdependencia general. Se trata de detectar, entonces, en el sistema espacial de ciudades la situación de cada una de ellas en el interior de la estructura observada.

El análisis que realizaremos, se fundamenta en un estudio comparativo de la longitud de los caminos más cortos que unen los vértices de un grafo directo, entendiendo por ésto un grafo antireflexivo definido por cuatro condiciones:

i) El conjunto de vértices es finito y no vacío,

ii) El conjunto de arcos es finito,

iii) No existen bucles, y

iv) No hay arcos paralelos.

La elección de un sentido de la dominancia económica es delicada. Al respecto, R. Lantner[17] expresa que son posibles dos convenciones de orientación:

15 Las 11 zonas y el número de centrales (entre paréntesis) de cada una de ellas son: Arequipa (28), Cuzco (16), Chiclayo (22), Chimbote (30), Huacho (13), Huancayo (14), Ica (22), Lima (25), Piura (19), Tarma (23), y Trujillo (25).

16 Para buena aproximación a los modelos estrcturales puede verse: F. Harary, R.Z. Norman y D. Cartwright, *Structural Models: an Introduction to the Theory of Directed Graphs,* (Nueva York, 1965)

17 R. Lantner, *Théorie de la Dominance Economique,*, (Paris, 1974).

CUADRO 1

Matriz de Tráfico Telefónico

Abril – Junio 1978

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. Piura	–	1,669	1,312	2,438	4,004	2,824	1,717	4,244	20	19	127	46
2. Catacaos	1,628	–	20	18	84	12	25	45	–	–	–	–
3. Chulucanas	1,749	4	–	4	19	2	11	89	1	–	3	–
4. Paita	3,108	15	10	–	175	143	21	63	–	–	5	11
5. Sullana	7,401	59	33	175	–	423	187	392	–	4	7	11
6. Talara	4,290	8	14	65	280	–	114	187	–	1	2	–
7. Tumbes	2,368	18	16	27	160	148	–	336	–	12	11	6
8. Chiclayo	4,138	56	83	204	406	285	544	–	479	1,491	2,814	1,733
9. Etén Puerto	23	–	1	1	–	3	1	483	–	7	14	44
10. Ferreñafe	27	1	–	–	4	5	12	1,861	11	–	71	35
11. Lambayeque	153	3	7	4	10	4	18	2,835	21	55	–	74
12. Pimentel	53	–	1	9	1	3	7	1,904	36	33	71	–
13. Trujillo	1,703	40	55	155	373	346	330	6,326	30	62	147	89
14. Chepén	50	3	1	17	17	3	7	827	3	15	29	3
15. Guadalupe	15	–	1	–	9	3	3	290	2	5	15	1
16. Pacasmayo	97	–	–	33	12	3	15	764	108	–	16	12
17. San Pedro	17	1	–	–	2	–	1	95	–	–	4	–
18. Cajamarca	120	3	–	–	12	9	14	776	–	–	31	11
19. Chimbote	274	5	20	89	35	79	130	1,390	4	19	24	11
20. Casma	4	1	1	–	1	–	4	37	–	–	3	–
21. Huarmey	8	–	–	–	3	–	8	5	–	1	–	–
22. Huaraz	10	–	–	–	3	2	4	62	–	2	5	1

Cuadro 1 (Continuación)

Matriz de Tráfico: Telefónico

Abril – Junio 1978

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Total
1. Piura	1,699	31	13	115	17	88	368	15	4	10	20,780
2. Catacaos	21	–	–	–	–	–	9	–	–	1	1,863
3. Chulucanas	32	–	–	–	1	1	13	–	–	–	1,930
4. Paita	72	–	–	17	1	–	101	–	–	1	3,743
5. Sullana	406	2	–	23	1	2	28	–	2	–	9,156
6. Talara	260	–	1	10	4	8	42	–	–	–	5,286
7. Tumbes	232	3	1	12	2	11	94	–	1	3	3,461
8. Chiclayo	5,153	588	231	701	81	962	932	37	27	63	21,008
9. Etén Puerto	13	1	–	25	–	3	15	–	–	–	634
10. Ferreñafe	38	10	–	11	1	12	22	–	–	–	2,121
11. Lambayeque	106	12	5	11	6	37	24	–	–	2	3,387
12. Pimentel	96	5	–	11	–	3	8	–	–	1	2,242
13. Trujillo	–	761	319	1,432	267	1,877	4,969	165	47	358	19,851
14. Chepén	908	–	615	675	315	126	52	9	–	7	3,682
15. Guadalupe	261	375	–	210	115	49	44	1	2	1	1,402
16. Pacasmayo	1,627	600	264	–	653	187	96	4	–	7	4,498
17. San Pedro	285	174	99	634	–	21	28	–	2	1	1,364
18. Cajamarca	1,292	85	14	121	29	–	120	3	–	6	2,646
19. Chimbote	4,616	59	45	117	22	202	–	1,332	181	1,420	10,074
20. Casma	173	–	–	3	–	11	1,027	–	215	130	1,610
21. Huarmey	67	1	1	2	1	–	287	324	–	57	765
22. Huaraz	404	23	–	1	–	10	936	60	24	–	1,547

Fuente: Confeccionado por el autor en base a listados proporcionado por ENTEL PERU.

i) La orientación es directa si el flujo se dirige conforme al sentido del tránsito físico, es decir, desde un polo oferente a un polo demandante. Tal orientación equivale a admitir la dominancia por la oferta. En esta concepción, la dependencia interviene más al nivel de los aprovisionamientos que en el de ventas. Este tipo de relaciones de dominancia-dependencia describen teóricamente un mecanismo real: la adaptación de la demanda a la oferta se hace necesaria cuando esta última es restringida.

ii) La orientación es inversa cuando el flujo del polo demandante se dirige hacia el polo oferente, es decir, el nivel de actividad del polo oferente está directamente ligado al volumen de demanda que le es dirigido. Tal orientación equivale, entonces, a admitir la dominancia por la demanda.

En concordancia con la teoría de los lugares centrales que plantea el problema del crecimiento por el lado de la demanda, adoptaremos la hipótesis de demanda dominante, representando de esta manera las relaciones inter-ciudades por un grafo directo notado G, en el cual, cada vértice representa una ciudad y un arco entre un par de vértices una comunicación cuyo sentido es contrario al del flujo real.

Representaremos el grafo directo G matricialmente[18]. Para tal efecto, llamaremos A a la matriz booleana que resulta de sustituir todos los casilleros del Cuadro 1 en donde existen llamadas por un uno y los otros por un cero, teniendo en cuenta la convención adoptada para el sentido de los flujos.

Con el objeto de examinar en la estructura el efecto de la intensidad de las relaciones y establecer al mismo tiempo un orden de ciudades según la influencia cuantitativa global neta efectiva sobre el conjunto de polos, debemos construir una serie de grafos parciales del grafo directo G en los que se consideren tan sólo los valores relativos de las relaciones inter-ciudades. Con este fin, las llamadas telefónicas totales del Cuadro 1, las expresamos en porcentaje en el Cuadro 2, que contiene el número de comunicaciones de un centro i hacia otro j dividido por el número de llamadas que van de i hacia todos los otros centros considerados.

Llamamos G_0 al grafo directo correspondiente al Cuadro 2, y sea A_0 la matriz booelana (transpuesta) asociada que toma en cuenta sólo aquellas relaciones que son superiores o iguales al 1 por ciento, e I_0 una matriz identidad de igual dimensión que la matriz A_0.

A partir de la matriz de Boole A_0, vamos a estudiar la matriz de caminos R_0 que proporciona una característica del efecto global del conjunto de

18 Un grafo puede ser representado en forma sagital, matriz latina, casillero matriz booleana y correspondencia.- Ver. A. Kaufmann, *Introducción a la Combinatoria*, (Barcelona, 1971).

relaciones directas e indirectas entre los componentes de una estructura económica. El término general r_{ij} de la matriz R_0 será igual a la unidad si j es un descendiente de i, es decir, si existe al menos un camino que va de i a j; r_{ij}=O en el caso contrario. Por convención se asume que cada vértice es su propio descendiente por un camino de longitud nula y que la diagonal principal de R_0 está formada por 1.

CUADRO 2

Matriz de Tráfico (Dominación) en Porcentaje

(Sólo se toman coeficientes ⩾ 1%)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Piura	—	8.03	6.31	11.73	19.26	13.59	8.26	20.42	—	—	—
2. Catacaos	87.39	—	1.07	—	4.51	—	1.34	2.41	—	—	—
3. Chulucanas	90.62	—	—	—	—	—	—	4.61	—	—	—
4. Paita	83.03	—	—	—	4.68	3.82	—	1.68	—	—	—
5. Sullana	80.82	—	—	1.91	—	4.62	2.04	4.28	—	—	—
6. Talara	81.16	—	—	1.23	5.30	—	2.16	3.54	—	—	—
7. Tumbes	68.36	—	—	—	4.62	4.27	—	9.70	—	—	—
8. Chiclayo	19.70	—	—	—	1.93	1.36	2.59	—	2.28	7.10	13.39
9. Etén Puerto	3.63	—	—	—	—	—	—	76.18	—	1.10	2.21
10. Ferreñafe	1.27	—	—	—	—	—	—	87.74	—	—	3.35
11. Lambayeque	4.52	—	—	—	—	—	—	83.70	—	1.62	—
12. Pimental	2.36	—	—	—	—	—	—	84.92	1.61	1.47	3.17
13. Trujillo	8.57	—	—	—	1.88	1.74	1.66	31.87	—	—	—
14. Chepén	1.36	—	—	—	—	—	—	22.46	—	—	—
15. Guadalupe	1.07	—	—	—	—	—	—	20.68	—	—	1.07
16. Pacasmayo	2.16	—	—	—	—	—	—	16.99	2.40	—	—
17. San Pedro	1.25	—	—	—	—	—	—	6.96	—	—	—
18. Cajamarca	4.54	—	—	—	—	—	—	29.33	—	—	1.17
19. Chimbote	2.72	—	—	—	—	—	1.29	13.80	—	—	—
20. Casma	—	—	—	—	—	—	—	2.29	—	—	—
21. Huarmey	1.05	—	—	—	—	—	1.05	—	—	—	—
22. Huaraz	—	—	—	—	—	—	—	4.00	—	—	—

Matriz de Tráfico (Dominación) en Porcentaje
(Sólo se toman coeficientes ≥ 1%)

		12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.	Piura	–	8.17	–	–	–	–	–	1.77	–	–	–
2.	Catacaos	–	1.18	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3.	Chulucanas	–	1.66	–	–	–	–	–	–	–	–	–
4.	Paita	–	1.92	–	–	–	–	–	2.70	–	–	–
5.	Sullana	–	4.43	–	–	–	–	–	–	–	–	–
6.	Talara	–	4.92	–	–	–	–	–	–	–	–	–
7.	Tumbes	–	6.70	–	–	–	–	–	2.72	–	–	–
8.	Chiclayo	8.25	24.53	2.80	1.10	3.34	–	4.58	4.44	–	–	–
9.	Etén Puerto	6.94	2.05	–	–	3.94	–	–	2.36			
10.	Ferreñafe	1.65	1.79	–	–	–	–	–	1.04	–	–	–
11.	Lambayeque	2.18	3.13	–	–	–	–	1.09	–	–	–	–
12.	Pimentel	–	4.28	–	–	–	–	–	–	–	–	–
13.	Trujillo	–	–	3.83	1.61	7.21	1.34	9.46	25.03	–	–	1.80
14.	Chepén	–	24.66	–	16.70	18.33	8.56	3.42	1.41	–	–	–
15.	Guadalupe	–	18.62	26.75	–	14.98	8.20	3.50	3.14	–	–	–
16.	Pacasmayo	–	36.17	13.34	5.87	–	14.52	4.16	2.13	–	–	–
17.	San Pedro	–	20.89	12.76	7.26	46.48	–	1.54	2.05	–	–	–
18.	Cajamarca	–	48.83	3.21	–	4.57	1.10	–	4.54	–	–	–
19.	Chimbote	–	45.82	–	–	1.16	–	2.00	–	13.22	1.80	14.09
20.	Casma	–	10.75	–	–	–	–	–	63.79	–	13.35	8.07
21.	Huarmey	–	8.76	–	–	–	–	–	37.51	42.35	–	7.45
22.	Huaraz	–	26.11	1.48	–	–	–	–	60.50	3.88	1.55	–

Fuente: Confeccionado por el autor en base a datos contenidos en el Cuadro 1.

(Relaciones $\geq$ 1%)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.	Piura		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	
2.	Catacaos	1																					
3.	Chulucanas	1	1																				
4.	Paita	1				1	1																
5.	Sullana	1	1		1		1	1	1					1									
6.	Talara	1			1	1		1	1					1									
7.	Tumbes	1	1			1	1		1					1						1		1	
8.	Chiclayo	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1
9.	Etén Puerto								1				1				1						
10.	Ferreñafe								1	1		1	1										
11.	Lambayeque								1	1	1		1			1			1				
12.	Pimentel								1	1	1	1											
13.	Trujillo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1
14.	Chepén								1					1		1	1	1	1			1	1
15.	Guadalupe								1					1	1		1	1					
16.	Pacasmayo								1	1				1	1	1		1	1	1			
17.	San Pedro													1	1	1	1		1				
18.	Cajamarca								1			1		1	1	1	1	1		1			
19.	Chimbote	1			1			1	1	1	1			1	1	1	1	1	1		1	1	1
20.	Casma																			1		1	1
21.	Huarmey																			1	1		1
22.	Huaraz													1						1	1	1	

La matriz de caminos o accesibilidad R_O se obtiene por multiplicaciones matriciales sucesivas de la suma $(A_O + I_O)$, por medio de la aritmética pseudo-booleana en la cual las operaciones:

$1 + 1 = 1$	$1 \times 1 = 1$
$1 + 0 = 1$	$1 \times 0 = 0$
$0 + 1 = 1$	$0 \times 1 = 0$

En este caso, calculamos $(A_O + I_O)^2$ y $(A_O + I_O)^3$ que bastan para obtener una matriz llena de 1, resultado que permite confirmar la propidad de interdependencia.

De las diferentes matrices R_O obtenemos la matriz de separaciones E_O de término general d_{ij}.

La separación d_{ij} entre dos vértices i y j de un grafo directo es definida por la longitud del camino más corto que va de i a j.

Si no existe ningún camino que une i con j, por convención $d_{ij} = \infty$; en el caso en que i y j estén superpuestos se tendrá $d_{ij} = d_{ji} = 0$.

A cada uno de los vértices de la matriz de separaciones le pueden ser asociados dos parámetros: alejamiento y antialejamiento.

El alejamiento es la separación máxima de i a cualquier otro vértice del grafo directo:

$$d^+(i) = \max_j d_{ij}$$

es el término máximo de la fila i.

El antialejamiento es la máxima separación de un vértice a cualquiera del grafo directo, al vértice i:

$$d^-(i) = \max_j d_{ji}$$

es el término máximo de la i.

Matriz de Separaciones E_O del Grafo Directo G_O
(Relaciones $\geq 1\%$)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.	Piura	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2
2.	Catacaos	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3
3.	Chulucanas	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3
4.	Paita	1	2	2	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3
5.	Sullana	1	1	2	1	0	1	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6.	Talara	1	2	2	1	1	0	1	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
7.	Tumbes	1	1	2	2	1	1	0	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1	2	1	2
8.	Chiclayo	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
9.	Etén Puerto	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2	2	1	2	2	2	1	2	2	2	2	3	2
10.	Ferreñafe	2	2	2	2	2	2	2	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
11.	Lambayeque	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0	1	2	2	2	2	2	1	2	2	3	2
12.	Pimentel	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2
13.	Trujillo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14.	Chepén	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	0	1	1	1	1	2	2	2	1
15.	Guadalupe	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	0	1	1	2	2	2	2	2
16.	Pacasmayo	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	1	2	2	2
17.	San Pedro	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	0	1	2	2	2	2
18.	Cajamarca	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	1	2	2	2
19.	Chimbote	1	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
20.	Casma	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	0	1	1
21.	Huarmey	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	0	1
22.	Huaraz	2	3	3	2	3	3	3	2	2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	0

Los vértices que tienen el alejamiento más pequeño son llamados centros. El valor del alejamiento es el rayo externo r^+ de la estructura:

$$r^+ = \min_i d^+(i) = \min_i \max_j d_{ij}$$

A los vértices que tengan el antialejamiento más pequeño los llamaremos anticentros. El valor del antialejamiento es el rayo interno r^- de la estructura:

$$r^- = \min_i d^-(i) = \min_i \max_j d_{ji}$$

El máximo alejamiento y antialejamiento son iguales a la máxima longitud de los caminos más cortos que unen dos vértices cualquiera. El valor de esta longitud es el diámetro.

Un vértice es periférico cuando su alejamiento es igual al diámetro, y es antiperiférico cuando su antialejamiento es igual al diámetro.

Estas definiciones duales permiten atribuir un rol priviligiado a ciertos polos con relación a la transmisión de la influencia económica. En efecto, un vértice es más influyente cuando es centro y es menos dependiente de otros vértices cuando es antiperiférico. Paralelamente, estará más sometido a las perturbacciones del resto de la estructura cuando es anticentro y menos cuando es periférico.

Considerando un vértice, los resultados pueden ser resumidos:

Como Tansmisor de Influencia		Como Receptor de Influencia	
Más fuerte	Más débil	Más fuerte	Más débil
CENTRO	PERIFERICO	ANTICENTRO	ANTIPERIFERICO

En particular hay dos grupos de polos que se oponen netamente: aquéllos que corresponden a vértices que son a la vez Centros y Antiperiféricos, o sea, más transmisores que receptores de influencia y, por lo tanto, muy dominantes, y aquéllos que pertenecen a vértices que son Anticentro y Periféricos, o sea, más receptores que transmisores de influencia, y, por consiguiente, muy dominados.

El grafo directo G_1, cuya matriz de Boole asociada considera las relaciones que son superiores o iguales al 3o/o ha sido elaborado con el mismo procedimiento que el grafo directo G_0. La matriz converge en la iteración (A_1 $\dot{+}$

$I_1)^4$, pero debemos señalar que la estructura pierde su categoría de conexidad y, por lo tanto, la de interdependencia, lo cual nos permite afirmar que en la Región Norte son las relaciones funcionales muy débiles (hasta 2o/o) las verdaderas responsables de la interdependencia. La matriz de separaciones del grafo G directo G_1 se presenta más adelante.

A las matrices de separaciones, les corresponden los alejamientos y antialejamientos que se incluyen en el Cuadro 3.

Matriz de separaciones E_1 del Grafo Directo G_1
(Relaciones $\geqslant$ 3o/o)

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.	Piura	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	2	2
2.	Catacaos	1	0	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
3.	Chulucanas	1	2	0	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
4.	Paita	1	2	2	0	2	2	2	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
5.	Sullana	1	1	2	1	0	1	1	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
6.	Talara	1	2	2	1	1	0	1	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
7.	Tumbes	1	2	2	2	2	1	0	2	2	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	3	3
8.	Chiclayo	1	2	1	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	1
9.	Etén Puerto	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	0	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞	∞
10.	Ferreñafe	2	3	2	3	2	2	2	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
11.	Lambayeque	2	3	2	3	2	2	2	1	2	1	0	1	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
12.	Pimentel	2	3	2	3	2	2	2	1	1	2	2	0	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2
13.	Trujillo	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14.	Chepén	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	3	2	1	0	1	1	1	1	2	2	2	2
15.	Guadalupe	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	1	0	1	1	2	3	3	3	3
16.	Pacasmaho	2	3	2	3	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	0	1	1	2	2	2	2
17.	San Pedro	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	1	1	1	0	2	3	3	3	3
18.	Cajamarca	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	0	2	2	2	2
19.	Chimbote	2	3	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	1	2	1	2	2	1	0	1	1	1
20.	Casma	3	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	0	1	1
21.	Huarmey	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	2	1	0	2
22.	Huaraz	3	4	3	4	3	3	3	2	3	3	3	3	2	3	2	3	3	3	1	1	1	0

CUADRO 3

Alejamientos y Anti-Alejamientos

Hipótesis		Relaciones ≥ 1o/o		Relaciones ≥ 3o/o			
Matriz		E_o		E_1		E^*_1	
Alejamiento y Anti-Alejamiento		d^{+}	$d^{=}$	d^{+}	$d^{=}$	d^{+}	d^{-}
1.	Piura	2	2	2	∞	2	4
2.	Catacaos	3	3	3	∞	3	4
3.	Chulucanas	3	3	3	∞	3	4
4.	Paita	3	2	3	∞	3	4
5.	Sullana	2	3	3	∞	3	4
6.	Talara	2	3	3	∞	3	4
7.	Tumbes	2	3	3	∞	3	4
8.	Chiclayo	2	2	2		2	3
9.	Etén Puerto	3	2	∞	3		
10.	Ferreñafe	3	2	3	∞	3	4
11.	Lambayeque	3	3	3	∞	3	4
12.	Pimentel	3	3	3	∞	3	4
13.	Trujillo	1	2	2	∞	2	4
14.	Chepén	2	2	3	∞	3	3
15.	Guadalupe	2	2	3	∞	3	4
16.	Pascasmayo	2	2	3	∞	3	3
17.	San Pedro	2	2	3	∞	3	4
18.	Cajamarca	2	2	3	∞	3	4
19.	Chimbote	2	2	3	∞	3	3
20.	Casma	3	3	4	∞	4	3
21.	Huarmey	3	3	4	∞	4	3
22.	Huaraz	3	3	4	∞	4	3

E*: Estructura privada del polo 9.

A la estructura más diferenciada E_1^* y por ende más rica en información le corresponden las características siguientes:

Rayo Externo	Diámetro	Rayo Interno	Diámetro
2	4	4	4

CENTRO	PERIFERICO	ANTICENTRO	ANTIPERIFERICO
Piura	Casma	Chulucanas	Piura
Chiclayo	Huarmey	Chepén	Catacaos
Trujillo	Huaraz	Pacasmayo	Chulucanas
		Chimbote	Paita
		Casma	Sullana
		Huarmey	Talara
		Huaraz	Tumbes
			Ferreñafe
			Lambayeque
			Pimentel
			Trujillo
			Guadalupe
			San Pedro
			Cajamarca

Piura y Trujillo son los dos únicos polos que son a la vez centros y antiperiféricos, luego, son ciudades muy dominantes al interior de la Región. Por el contrario, Casma, Huarmey y Huaraz son periféricos y anticentros, por lo tanto, ciudades muy dominadas por el sistema.

Esta aproximación permite tener una idea bastante burda por cierto del fenómeno de dominación, en consecuencia es indispensable profundizar la noción de centralidad con el objeto de sacar a luz, las importantes disimetrías "escondidas" en la estructura justamente por el fenómeno de interdependencia.

El método de la centralidad absoluta revela ciertas propiedades de dominación o dependencia de algunos polos. El problema fundamental es que enfrenta la transmisión de la influencia entre dos polos por un sólo camino (el más corto), por lo que el criterio de centralidad o anticentralidad deja de lado ciertas vías de transmisión y además no toma en cuenta todas las relaciones que pueden existir entre dos polos.

Si deseamos comparar polos cuya influencia global es superior a su dependencia global con polos que tengan un dependencia global superior a su influencia global, deberíamos construir un índice combinado de posición que tome en cuenta simultáneamente la influencia y la dependencia global con el fin de obtener una jerarquía de polos en función de la influencia global neta. Trataremos este problema en la próxima sección.

3. *El Modelo de la Centralidad Relativa*[19]

Para cualquier vértice i, puede ser definido un índice puntual de centralidad relativa a partir de la matriz de separaciones en la cual la interacción de la i-iésima fila y la j-iésima columna proporcionan la separación entre los vértices i y j.

Designemos por S la suma total de separaciones de todos los vértices, y por s_i a la suma por fila de las separaciones, entonces:

$$c_i = \frac{\sum_i s_i}{\sum_j d_{ij}} = \frac{S}{s_i}$$

El índice de centralidad relativa c_i mide la propensión de un vértice a ser transmisor de influencia y proporciona una clasificación continua de polos.

Simétricamente puede ser definida una anticentralidad relativa c'_i:

$$c'_i = \frac{\sum_j s_j}{\sum_i d_{ij}} = \frac{S}{s_j}$$

que mide la propensión de un vértice a ser receptor de influencia.

Una función apropiada de estos dos índices definirá un orden total de polos. Si adoptamos, por ejemplo, una función de dominancia que tome en cuenta los tamaños relativos c_i y c'_i llegamos a definir un índice de Influencia Global Neta (I G N):

$$IGN = \frac{c_i}{c'_i}$$

Habiendo ya calculado la matriz de separaciones, el análisis de la Centralidad y Anticentralidad Relativa puede ser llevado a cabo sin ninguna

---

19 A. Bavelas,- "Communications Patterns in Task oriented Groups", *Journal . Accoust Soc. Amer.* 1950, No 22, pp 725-30.

dificultad. A partir de la matriz E_1 de relaciones mayores o iguales al 3o/o, se confecciona el Cuadro 4

La clasificación de ciudades según los valores del IGN se presentan en el Cuadro 5.

El I G N es igual a la unidad para los polos que calificamos como neutros. Es mayor que uno cuando la ciudad es más transmisora que receptora de influencia y menor que uno cuando es más receptora que transmisora de influencia, es decir que tiene una dependencia global neta muy importante.

Debemos señalar que no debe atribuirse mucha significación a los valores absolutos de este índice, éste muestra más una predisposición que una realidad concreta. La clasificación presentada sigue el orden decreciente del índice y contiene cinco grupos. Las ciudades cuyas influencias y dependencias globales netas son débiles pueden ser consideradas prácticamente como neutras. Los dos grupos suceptibles de oponerse, se encuentran al principio y al fin de la clasificación.

Es de observar que en el primer grupo encontramos centros dinámicos en términos comerciales e industriales como Piura, Chiclayo y Trujillo; o puertos como Chimbote, Pacasmayo y Pimentel, que mueven una cantidad apreciable de productos agrícolas de exportación o aún ciudades que albergan una industria relativamente importante como Ferreñafe y Chepén con los piladores de arroz. Notamos, en cambio, en el segundo grupo ciudades cuya actividad comercial industrial o portuaria es escasa

CUADRO 4

Centralidad y Anticentralidad Relativas
(Relaciones $\geqslant 3^{o}/o$)

	X_i	$\max_j d_{ij}$	d_i	C_i	$\max_j d_{ji}$	d'_i	C'_i
1	Piura	2	30	30.5	4	38	24.1
2	Catacaos	3	49	18.7	4	52	17.6
3	Chulucanas	3	49	18.7	4	45	20.4
4	Paita	3	49	18.7	4	52	17.6
5	Sullana	3	45	20.4	4	43	21.3
6	Talara	3	46	19.9	4	42	21.8
7	Tumbes	3	49	18.7	4	41	22.3
8	Chiclayo	2	24	38.2	3	33	27.8
9	Etén Puerto	—	—	—	—	—	—
10	Ferreñafe	3	43	21.3	4	50	18.3
11	Lambayeque	3	41	22.3	4	44	20.8
12	Pimentel	3	43	21.3	4	49	18.7
13	Trujillo	2	24	30.2	4	35	26.2
14	Chepén	3	40	22.9	3	44	20.8
15	Guadalupe	3	51	18.0	4	40	22.9
16	Pacasmayo	3	36	25.4	3	44	20.8
17	San Pedro	3	51	18.0	4	45	20.4
18	Cajamarca	3	37	24.8	4	37	24.8
19	Chimbote	3	35	26.2	3	44	20.8
20	Casma	4	53	17.3	3	47	19.5
21	Huarmey	4	68	13.5	3	47	19.5
22	Huaraz	4	53	17.3	3	44	20.8
			916			916	

$X_i =$ Ciudades

$\max_j d_{ij} =$ $d^{+}(X_i) =$ alejamiento; $\max_j d_{ji} = d^{-}(X_i) =$ antialejamiento

$d_i =$ suma de separaciones por fila

$d'_i =$ suma de separaciones por columna

$C_i =$ índice de centralidad relativa

$C'_i =$ índice de anticentralidad relativa

CUADRO 5

Clasificación de ciudades de la región Norte según Valores decrecientes del Indice de Influencia Global neta

Ciudades X_i	IGN (X_i)
Fuerte Influencia Global Neta	
Chiclayo	1.374
Piura	1.266
Chimbote	1.259
Pacasmayo	1.221
Ferreñafe	1.164
Trujillo	1.153
Pimentel	1.139
Chepén	1.100
Débil Influencia Global Neta	
Lambayeque	1.072
Catacaos	1.063
Paita	1.063
Neutros (Estrictamente)	
Cajamarca	1.000
Débil Dependencia Global Neta	
Sullana	0.958
Chulucanas	0.917
Talara	0.913
Fuerte Dependencia Global Neta	
Casma	0.887
San Pedro	0.882
Tumbes	0.839
Huaraz	0.832
Guadalupe	0.786
Huarmey	0.692

4. La Generalización de la Noción de Centro [20]

Los modelos de Centralidad Absoluta y Centralidad Relativa permiten, esperamos haberlo demostrado, una clasificación cualitativa de polos, pero de ninguna manera autorizan a jerarquizarlos.

Ambos modelos proporcionan una primera aproximación al problema de la ordenación y su campo de aplicación lo constituyen las estructuras de interrelaciones no cuantificables. El modelo preconizado por C. Berge no sólo nos sirve para llevar a cabo un análisis estructural "cuantitativo" sino que al mismo tiempo relaciona la teoría del lugar central con la teoría de grafos.

4.1 *Matriz Asociada a un Grafo* Sea $G = (X, \Gamma)$ un p-grafo compuesto por n vértices y sea m_{ij} el número de arcos entre los vértices x_i y x_j

Se llama matriz asociada del p-grafo a la matriz cuadrada de orden (n x n) tal que $M = [m_{ij}]$.

Al definir un criterio que permita obtener las relaciones de dominación de x_i sobre x_j estamos operando con un grafo de dominación de manera que se hace posible construír un 2-grafo de influencia respetando las siguientes reglas:

i. La dominación del vértice i sobre el vértice j se representa por dos arcos orientados de i hacia j

ii. Una influencia simétrica entre dos vértices j y k, se representa por dos arcos orientados en sentido inverso entre j y k

iii. Las relaciones internas se representan por un bucle en el vértice correspondiente

iv. Dos vértices cualquiera pueden no estar relacionadas por un arco.

Interpretar la influencia o accesibilidad a las influencias que se propagan en la estructura lleva a razonar en la matriz $M = [m_{ij}]$ asociada al 2-grafo de influencia:

$$M = \begin{array}{c c} & j \\ i & \begin{bmatrix} & \vdots & \\ \cdots & m_{ij} & \\ & & \end{bmatrix} \end{array} ; \qquad M^k = \begin{array}{c c} & j \\ i & \begin{bmatrix} & \vdots & \\ \cdots & p^k_{ij} & \\ & & \end{bmatrix} \end{array}$$

en donde:

m_{ij}, es la influencia directa de i sobre j o bien la accesibilidad de j a la influencia de i.

---

20 C. Berge, *Théorie des graphes et ses applications*, (Paris, 1963), Capitulo 14

p_{ij}^{k}, mide la influencia indirecta de k-iésimo grado de i sobre j o la accesibilidad de j a la influencia indirecta de k-iésimo grado de i.

$q_{ij} = m_{ij} + p_{ij}^{(2)} + \ldots + p_{ij}^{(k)}$ representa la influencia global

(directa e indirecta hasta el k-iésimo grado) de i sobre j o la accesibilidad global de j a la influencia de i.

Razonemos ahora en función de las líneas y las columnas de la matriz asociada:

$\sum_{j=1}^{n} m_{ij} =$ semigrado exterior del vértice i. Constituye una medida de la influencia directa ejercida por el iésimo vértice sobre todos los otros.

$\sum_{i=1}^{n} m_{ij} =$ semigrado interior del vértice j. Es una medida de la influencia directa recibida de todos los otros polos por el vértice considerado.

$\sum_{j=1}^{n} P_{ij}^{(k)} =$ Número total de caminos de longitud igual a k que tienen el vértice incial en i. Mide la influencia indirecta de k-iésimo grado ejercida por i.

$\sum_{i=1}^{n} P_{ij}^{(k)} =$ número total de caminos de longitud igual a k que tienen su vértice incial en j. Mide la influencia indirecta de k-iésimo grado recibida por j.

De igual modo, el número total de caminos de longitud inferior o igual a k que tienen su origen o llegan a un vértice dado, representan la influencia global ejercida o recibida por este vértice o la accesibilidad del sistema a su influencia o aún la del vértice a las influencias propagadas en sl sistema, respectivamente.

4.2 *Potencia de un Vértice.* Se parte de la matriz asociada al 2-grafo. La potencia iterativa del orden k de un vértice i es el semigrado exterior de este vértice, donde $P_{ij}^{(k)}$ es el coeficiente general de la matriz M^{k}

Llamaremos potencia iterativa del orden k del vértice i representada por $P_{ij}^{(k)}$ a la expresión:

$$P_k^{(i)} = P_{i1}^{(k)} + P_{i2}^{(k)} + \dots P_{in}^{(k)}$$

En cada iteración se obtiene una clasificación de los diferentes vértices, la cual converge con el número de iteraciones y permite de esta manera definir la potencia π (i) de un vértice i como el límite cuando k tiende al infinito de la relación del número total de caminos de longitud k que van de i a todos los otros vértices del grafo, al número total de caminos de longitud k en el grafo estudiado.

$$\pi(i) = \lim_{k \to \infty} \frac{P_k^{(i)}}{P_k^{(1)} + \dots P_k^{(n)}}$$

El teorema de Ferron-Froebenius permite probar que este límite siempre existe y tiende hacia un vector propio de la matriz asociada M

$$\pi = [\pi(1) \dots \pi(n)]$$

De hecho, el procedimiento de cálculo es muy simple, pues no es indispensable calcular las potencias sucesivas de la matriz asociada.

$$\begin{array}{cc} & \sum_{j=1}^{n} m_{ij} \\ M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{n} \\ \vdots & \vdots \\ \cdot & \\ m_{n1} & m_{nn} \end{bmatrix} & \begin{array}{c} M_1 \\ \vdots \\ \\ Mn \end{array} \end{array}$$

la k-iésima potencia de esta matriz es:

$$\begin{array}{cc} & \sum_{j=1}^{n} p_{ij}^{(k)} \\ M^k = \begin{bmatrix} p_{11}^{(k)} & p_{1n}^{(k)} \\ p_{n1}^{(k)} & p_{nn}^{(k)} \end{bmatrix} & \begin{array}{c} p_k^{(1)} \\ p_k^{(n)} \end{array} \end{array}$$

luego:

$$p_2^{(1)} = m_{11}\, M_1 + \quad \ldots + m_{1n}\, M_n$$

$$\vdots$$

$$p_2^{(n)} = m_{n1}\, M_1 + \quad \ldots + m_{nn}\, M_n$$

y de la misma forma:

$$p_3^{(1)} = m_{11}\, p_2^{(1)} + \quad \ldots + m_{1n}\, p_2^{(n)}$$

$$\vdots$$

$$p_3^{(n)} = m_{n1}\, p_2^{(1)} + \quad \ldots + m_{nn}\, p_2^{(n)}$$

de manera general:

$$p_k^{(i)} = m_{i1}\, p_{k-1}^{(1)} + \quad \ldots + m_{in}\, p_{k-1}^{(n)}$$

El vértice cuya potencia es máxima es el que está mejor ubicado para influenciar a todos los otros vértices, en otros términos, es el vértice a partir del cual la accesibilidad a los restantes es máxima. Cabe anotar que un procedimiento análogo permite determinar la influencia global $\pi(i)$ recibidas por todo vértice i del grafo; es suficiente efectuar los cálculos con la matriz transpuesta M' de M asociada o bien operar en función de las columnas de M.

4.3 *Jerarquía de Centros Urbanos en la Región Norte*

Lo que busca el modelo es establecer relaciones de dominación entre los centros considerados.

Llamaremos A a una matriz cuyo término general a_{ij} indica el número de llamadas de i a j.

Definamos una matriz $A' = [a'_{ij}]$ tal que:

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_j a_{ij}}$$

Asociamos a esta matriz A' un grafo G' de manera que sea posible comparar el porcentaje de relaciones de i a j y de j a i, y por lo tanto, retener las relaciones de dominación de i a j.

Sea un grafo G" que contiene únicamente las relaciones de dominación:

$$a'_{ij} > a'_{ji} \Leftrightarrow x_{ji} \text{ existe}$$

lo que quiere decir que si el porcentaje de llamadas telefónicas de i a j con relación al número total de llamadas de i es superior el porcentaje de llamadas de j a i con relación al número total de llamadas de j. entonces, podemos afirmar que j domina a i.

La matriz A" asociada al grafo de dominación G" debe ser tal que

$$a''_{ij} = 0 \Rightarrow a''_{ji} = 1$$

Además, si dos ciudades tienen relaciones no significativas (porcentajes muy bajos) es lícito suponer que no hay relación entre las mismas, con lo cual dejamos de definir relaciones de dominación que serían sin fundamento:

$$a_{ij} = a_{ji} = 0$$

Las cifras en porcentaje del Cuadro 2 expresan las comunicaciones de un centro i hacia otro centro j dividido por el número de llamadas que van de i hacia los demás centros.

Puede apreciarse igualmente en el Cuadro 2 que existen enormes diferencias en las relaciones que mantienen un centro i con otro j e inversamente. Por ejemplo, 19o/o de comunicaciones de Piura van dirigidas a Sullana, en cambio, 81o/o de llamadas van de Sullana a Piura. Consideraciones de este tipo son las que nos facultan el definir una relación de dominación entre dos ciudades. Más explícitamente, diremos que si la cantidad de llamadas de i hacia j en relación al total de llamadas de i es inferior al número de llamdas de j hacia i en relación al total de llamadas de j. el centro (i domina al centro j.

La determinación de las influencias simétrica entre dos ciudades requiere de la elección de un nivel de intensidad, más allá del cual dos coeficientes serán tomados como lo suficientemente diferentes para que una ciudad domine a la otra; hemos elegido el nivel de 3o/o, luego si los coeficientes difieren en menos de esta cantidad los polos i y j no pueden ser diferenciados.

En base a las hipótesis anteriores el 2-grafo de dominación ha sido construido como sigue:

–Si el centro i domina a j, por convención, dos arcos irán de i a j.

–Si i y j se influencian simétricamente, es decir sus coeficientes no difieren en más de 3o/o, un arco irá de i a j y otro de j a i.

–Si hay una relación entre i y j, pero no hay una relación entre j e i y la intensidad es inferior al 3o/o, un arco irá de i a j.

–Si en el caso anterior el coeficiente es superior al 3o/o, habrán dos arcos dirigidos de i a j.

–Cada polo es afectado de un bucle.

El procedimiento de cálculo es el siguiente: la matriz asociada al 2-grafo indica el número de arcos que van del vértice i al vértice j; la suma por línea de la matriz constituye la potencia de orden uno de cada vértice. Los resultados de las iteraciones convergen muy rápidamente, aunque son susceptibles de ligeras modificaciones en el curso de las mismas y constituyen por este hecho una aproximación de las potencias reales π (i), y han sido calculadas a partir de la fórmula:

$$\bar{\pi}^{*}(i) = \frac{p_6^{(i)}}{p_6^{(1)} + \ldots + p_6^{(22)}} \cdot 100$$

Para el cálculo de $\bar{\bar{\pi}}^{*}$ (i) se ha utilizado un procedimiento análogo, razonando esta vez sobre las columnas de la matriz asociada.

Recordamos que $\bar{\pi}^{*}$ (i) nos informa sobre la ingluencia global directa e indirecta emitida por una ciudad, y $\bar{\bar{\pi}}^{*}$ (i) cuantifica la influencia global directa e indirecta recibida por una ciudad. Dado que no existe ninguna razón teórica para que los polos que transmiten más influencia sean simultáneamente los que reciban menos influencia, hemos calculado la posición real de cada ciudad de la estructura mediante la relación $\bar{\pi}^{*}$ (i) / $\bar{\bar{\pi}}^{*}$ (i) que nos reseña en última instancia la posición que ocupa cada ciudad en la jerarquía.

Los resultados obtenidos son presentados en los Cuadros que se incluyen a continuación:

En la región norte, la jerarquía encontrada en función de la Influencia Global Emitida y Recibida (ver Cuadro 8), permite afirmar que Chiclayo, Piura y Trujillo son centros de primer orden.

De las 22 ciudades que conforman la región, sólo 10 transmiten una influencia global que puede ser considerada como significativa. Sin embargo, Cajamarca la única ciudad serrana que está incluída en este grupo recibe una influencia cuatro o cinco veces más elevada que la recibida por Chiclayo, Piura o Trujillo por ejemplo. El resto de ciudades, tal como se desprende del Cuadro, transmiten una influencia global prácticamente nula y reciben en cambio una fuerte influencia global que es entre 2 y 7 veces más alta que la recibida por Chiclayo, Piura o Trujillo.

Llama la atención el hecho de que a nivel regional Piura esté mejor ubicada que Trujillo; ésto podría explicarse en razón de que Piura mantiene relaciones muy fuertes con sus centros complementarios (Sullana, Talara, Tumbes, Catacaos, Paita y Chulucanas), lo que no es el caso de Trujillo que en cierta forma "comparte" la influencia irradiada a sus *hinterlands* con Chiclayo, como lo confirma la información contenida en el Cuadro 2. De todas maneras Trujillo a nivel nacional mantiene una posición muy superior a la de Piura, pero a nivel regional no creemos que sea posible "corregir" esta situación de manera objetiva.

En síntesis, la influencia global transmitida es la que determina la posición de cada ciudad en la jerarquía, lo cual implica que el nivel de actividad socio-económica desarrollada en un centro, desde el punto de vista de la teoría del lugar central, es la verdadera causante de la estructuración y ordenación de este espacio regional.

Evidentemente, el elemento determinante de esta estructuración es la localización de las actividades productivas y particularmente de las actividades industriales, porque el desarrollo económico de una región (polo) es esencialmente función de su estructura industrial. Esta dispe[illegible] geográfica de las fuerzas productivas que se presenta en el país es particularmente explosiva, pues las distancias entre la distribución espacial de la fuerza de trabajo, los medios de producción y la infraestructura que les es necesaria se hace cada vez más grande entre el Perú urbano costeño y el Perú rural serrano.

Matriz Asociada al Grafo de Dominación

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1.	Piura	1	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	1	2	1	0	1	0
2.	Catacaos	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3.	Chulucanas	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4.	Paita	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5.	Sullana	0	2	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6.	Talara	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7.	Tumbes	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
8.	Chiclayo	1	1	2	1	1	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	0	2
9.	Etén Puerto	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10.	Ferrañafe	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11.	Lambayeque	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
12.	Pimentel	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13.	Trujillo	1	1	1	1	1	2	2	0	1	1	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2
14.	Chepén	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	2	1	0	0	0	1
15.	Guadalupe	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
16.	Pacasmayo	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	2	1	2	1	1	0	0	0
17.	San Pedro	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
18.	Cajamarca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	1	1	1	0	0	0
19.	Chimbote	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	2	1	1	1	1	2	2	2
20.	Casma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2
21.	Huarmey	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
22.	Huaraz	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1

CUADRO 6

Iteraciones

LUGAR EN LA JERARQUIA

		1ra. Iteración	2da. Iteración	3ra. Iteración	4ta. Iteración	$\bar{\Lambda}^*$
1.	Piura	3	3	2	2	20.20
2.	Catacaos	21	20	21	21	0.00000297
3.	Chulucanas	18	21	20	20	0.0000179
4.	Paita	16	12	10	10	2.98
5.	Sullana	6	5	4	4	9.82
6.	Talara	10	7	6	5	7.15
7.	Tumbes	9	9	9	7	4.23
8.	Chiclayo	1	1	1	1	22.14
9.	Etén Puerto	18	18	14	13	0.00639
10.	Ferreñafe	14	12	16	16	0.00517
11.	Lambayeque	10	12	12	12	0.00987
12.	Pimentel	10	11	13	14	0.00637
13.	Trujillo	2	2	3	3	16.81
14.	Chepén	8	10	11	11	0.00994
15.	Guadalupe	18	19	19	19	0.00139
16.	Pacasmayo	5	6	7	8	2.82
17.	San Pedro	16	16	15	15	0.00609
18.	Cajamarca	6	8	8	9	2.58
19.	Chimbote	4	4	5	6	6.35
20.	Casma	10	15	18	18	0.00146
21.	Huarmey	21	21	21	21	0.00000297
22.	Huaraz	14	16	17	17	0.00246

CUADRO 7

Iteraciones

LUGAR EN LA JERARQUIA

		1ra. Iteración	2da. Iteración	3ra. Iteración	4ta. Iteración . . .	π^*
1.	Piura	21	22	22	22	1.47
2.	Catacaos	9	11	11	13	3.38
3.	Chulucanas	18	19	21	21	1.51
4.	Paita	14	15	14	14	3.35
5.	Sullana	14	15	15	15	3.16
6.	Talara	9	12	12	12	3.41
7.	Tumbes	9	13	16	16	3.13
8.	Chiclayo	21	20	19	19	1.59
9.	Etén Puerto	3	4	6	3	6.34
10.	Ferreñafe	14	13	13	11	3.53
11.	Lambayeque	7	8	9	9	4.48
12.	Pimentel	14	17	17	17	3.07
13	Trujillo	20	20	20	20	1.55
14.	Chepén	5	6	4	5	6.57
15.	Guadalupe	1	1	1	1	12.10
16.	Pacasmayo	9	8	8	8	5.23
17.	San Pedro	2	2	2	2	10.22
18.	Cajamarca	3	3	3	4	7.40
19.	Chimbote	9	10	10	10	4.46
20.	Casma	18	18	18	18	2.62
21.	Huarmey	5	5	5	6	6.17
22.	Huaraz	7	7	7	7	5.16

CUADRO 8

Comparación de la Influencia Global emitida y de la Influencia Global Recibida

Polos	Influencia Global Transmitida $\pi^*(i)$	Influencia Global Recibida $\bar{\pi}^*(i)$	$\pi^*/\bar{\pi}^*$
Chiclayo	22.14	1.59	13.9245
Piura	20.20	1.47	13.7415
Trujillo	16.81	1.55	10.8452
Sullana	9.82	3.16	3.1076
Talara	7.15	3.41	2.0968
Chimbote	6.35	4.46	1.4238
Tumbes	4.23	3.13	1.3514
Paita	2.98	3.35	0.8896
Pacasmayo	2.82	5.23	0.5392
Cajamarca	2.58	7.50	0.3440
Lambayeque	0.00987	4.48	0.002203
Pimentel	0.00637	3.07	0.002075
Chepén	0.00994	6.57	0.001513
Ferreñafe	0.00517	3.53	0.001465
Etén Puerto	0.00636	6.34	0.001003
San Pedro	0.00609	10.22	0.0005959
Casma	0.00146	2.62	0.0005573
Huaraz	0.00246	5.16	0.0004767
Guadalupe	0.00139	12.10	0.0001149
Chulucanas	0.0000179	1.51	0.00001185
Catacaos	0.00000297	3.38	0.00000085
Huarmey	0.00000297	6.17	0.00000047

IV. COMENTARIOS FINALES

En la Región Norte son ciudades costeñas las que influencian y dominan; Chiclayo, Piura y Trujillo son centros de primer orden, seguidos por Sullana, Lambayeque, Pacasmayo y Chimbote. El resto son centros dominados, poco significativos industrialmente y más proveedores de materias primas y mano de obra, que permitirán un desarrollo capitalista (a su vez dependiente) de los centros dominantes.

A nivel nacional se reproduce una situación semejante a la observada a escala regional: las ciudades serranas, con excepción de Huancayo y en menor grado Cuzco, sistemáticamente son centros muy dominados por el resto del sistema[21].

El análisis realizado es estático (una estructura es tomada en un momento dado del tiempo) o de estática comparativa (efectos ocasionados por la supresión de vértices, arcos o combinaciones de vértices y arcos) y no engloba las modificaciones que puedan sobrevenir a mediano o largo plazo en la estructura analizada. Esta característica origina que el uso de la teoría de grafos en el análisis espacial sea una herramienta privilegiada para el estudio del crecimiento regional, pues la comparación de estructuras jerarquizadas en el tiempo nos proporcionaría información relevante respecto a cómo una estructura se modifica en el tiempo, aumenta la influencia de un centro en el conjunto regional o bien cómo algunos polos están en regresión.

Si aceptamos que el desarrollo económico de una región es principalmente función de su estructura industrial y agregamos a ésto la concentración de la población, las decisiones y los recursos productivos fundamentales en tres o cuatro ciudades de un país, vemos cómo las medidas de política económica (parques industriales, incentivos tributarios y servicios financieros, por ejemplo) pueden sólo agravar el desarrollo desigual de la economía. Si realmente se quiere evitar el riesgo de graves rupturas sociales, la política económica debe integrar necesariamente objetivos espaciales, enunciando esta necesidad en términos de descentralización, recoversión industrial, equilibrio población/empleo, equilibrio empleo/vivienda, equilibrio población/nutrición entre otros.

---

21 A. Ortiz, *Op. cit.*, pp. 161-220.