

Métricas globales en el estudio de ecosistemas enfocados a la innovación

Global Ecosystems Dynamics Initiative

MISTI México
Massachusetts Institute of Technology

Junio - Agosto 2020

iEcosystems

Innovation driven Entrepreneurship Ecosystems (iEcosystems) han sido estudiados por medio de cuatro componentes:

- ① *Impact*: cambio social producido por medio de innovación y emprendimiento.
- ② *Comparative advantage*: fortaleza en un sistema que tiende a manifestarse en aglomeraciones por zonas geográficas o especialización en sectores industriales.
- ③ *Capacity of*:
 - *Innovation*, para transformar ideas nuevas en soluciones.
 - *Entrepreneurship*: para consolidar empresas que apoyen la innovación.
- ④ *Foundational institutions*: las cuales brindan soporte a las capacidades y las promueven para que proyectos se lleven a cabo.

Parte 1

Correlaciones entre métricas globales de los grafos estudiados y métricas de iEcosystems

Métricas globales de los ecosistemas

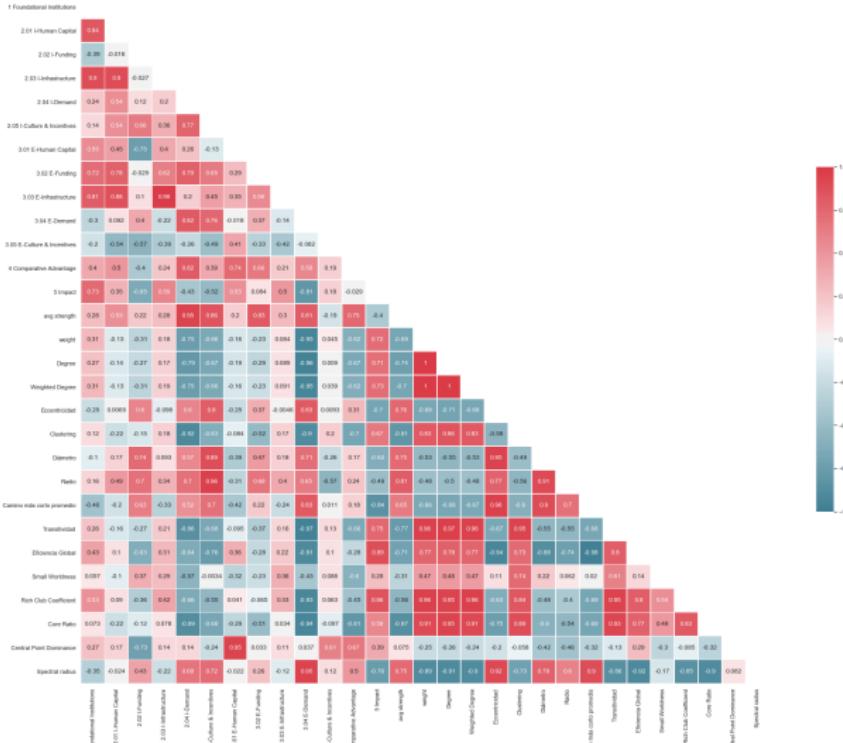
Realizamos el siguiente proceso para cada una de las 6 capitales:

- ① Obtuvimos los archivos que describen al grafo de su Ecosistema de Innovación.
- ② A partir de uno de estos archivos, construimos un *Dataframe*, y tomamos promedios de cada métrica por ecosistema.
- ③ Removimos columnas con datos vacíos o que no indican ninguna métrica global, así obteniendo un *tidy Dataframe*.
- ④ Añadimos métricas globales tales como *transitividad, eficiencia global, camino más corto promedio, small worldness, modularidad*.

Correlaciones

- ① Dichas métricas globales fueron incorporadas al Dataframe con métricas de iEcosystems.
- ② En seguida, un diagrama que nos ayudará a visualizar cuáles de estas correlaciones son significativas.
- ③ Por cada dos columnas X , Y que tuvieron correlación significativa, hicimos lo siguiente
 - Leímos de qué forma se midió cada una de esas métricas.
 - Pensamos si habría alguna relación de causalidad entre X y Y .

Heatmap de correlaciones entre métricas



Correlaciones significativas

```
[('2.04 I-Demand', 'avg strength'),
 ('2.04 I-Demand', 'Clustering'),
 ('2.04 I-Demand', 'Transitividad'),
 ('2.04 I-Demand', 'Core Ratio'),
 ('2.05 I-Culture & Incentives', 'avg strength'),
 ('2.05 I-Culture & Incentives', 'Diámetro'),
 ('2.05 I-Culture & Incentives', 'Radio'),
 ('3.01 E-Human Capital', 'Central Point Dominance'),
 ('3.02 E-Funding', 'avg strength'),
 ('3.04 E-Demand', 'weight'),
 ('3.04 E-Demand', 'Degree'),
 ('3.04 E-Demand', 'Weighted Degree'),
 ('3.04 E-Demand', 'Eccentricidad'),
 ('3.04 E-Demand', 'Clustering'),
 ('3.04 E-Demand', 'Camino más corto promedio'),
 ('3.04 E-Demand', 'Transitividad'),
 ('3.04 E-Demand', 'Eficiencia Global'),
 ('3.04 E-Demand', 'Rich Club Coefficient'),
 ('3.04 E-Demand', 'Core Ratio'),
 ('3.04 E-Demand', 'Spectral radius'),
 ('5 Impact', 'Camino más corto promedio'),
 ('5 Impact', 'Eficiencia Global'),
 ('5 Impact', 'Rich Club Coefficient')]
```

Figure: Lista de las parejas de métricas de iEcosystems y métricas globales de los grafos que presentaron correlación significativa.

Propiedades de los ecosistemas de mayor interés

- Las propiedades que más nos interesa analizar del sistema, y que son de importancia particular, son:

Propiedades de los ecosistemas de mayor interés

- Las propiedades que más nos interesa analizar del sistema, y que son de importancia particular, son:
 - la eficiencia,

Propiedades de los ecosistemas de mayor interés

- Las propiedades que más nos interesa analizar del sistema, y que son de importancia particular, son:
 - la eficiencia,
 - robustez,

Propiedades de los ecosistemas de mayor interés

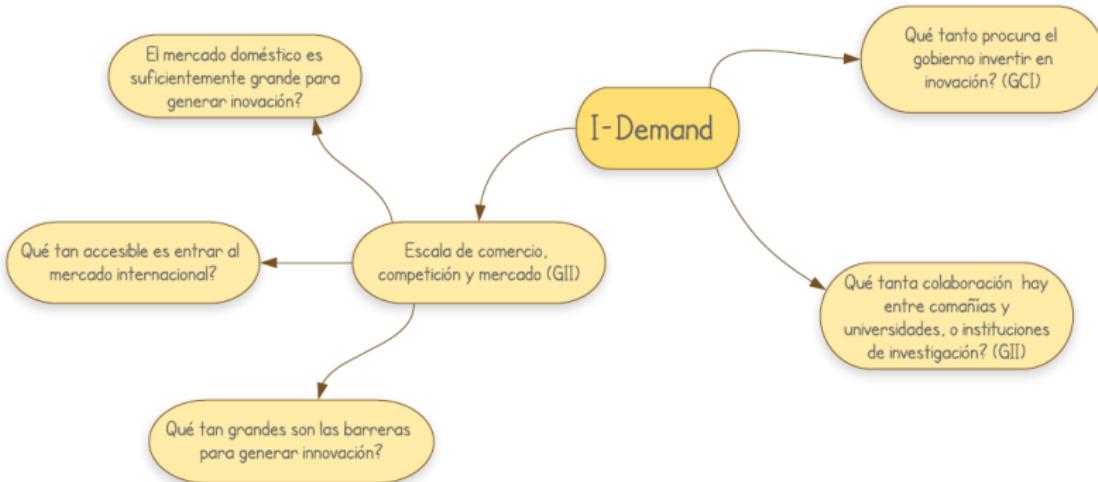
- Las propiedades que más nos interesa analizar del sistema, y que son de importancia particular, son:
 - la eficiencia,
 - robustez,
 - resiliencia, y

Propiedades de los ecosistemas de mayor interés

- Las propiedades que más nos interesa analizar del sistema, y que son de importancia particular, son:
 - la eficiencia,
 - robustez,
 - resiliencia, y
 - propensión al colapso.

Observación 1

La métrica I-Demand tiene correlaciones significativas con la fuerza promedio, clustering promedio, transitividad, y core ratio. Los siguientes valores determinan I-Demand:



Observación 1: I-Demand y Fuerza de interacciones

- Las variables *I-Demand* y *Fuerza de interacciones promedio* (Average Strength) tienen una correlación Pearson de 0.95, p-value de 0.003.
- *Possible lectura:* entre más invierta el gobierno en innovación, mayor sea la colaboración entre compañías y universidades, y más facilite el mercado doméstico la generación de innovación y la entrada al mercado internacional, mayor fuerza de interacciones se va a observar en un ecosistema.
- Es decir, las organizaciones involucradas invertirán más tiempo, esfuerzo y recursos en actividades relacionadas a innovación.

Observación 1: I-Demand y Aglomeración

- *I-Demand y Aglomeración promedio (Average Clustering)* tienen una correlación Pearson de -0.92, p-value de 0.010.
- *Possible lectura:* a mayor inversión del gobierno en innovación y mayor colaboración entre universidades y compañías, y mayor soporte e impulso del mercado doméstico hacia la innovación, el ecosistema va a presentar menor aglomeración en promedio al rededor de sus nodos.
- Es decir, una organización va a observar menor número de interacciones entre las organizaciones con las que ha colaborado.

Observación 1: I-Demand y Transitivity

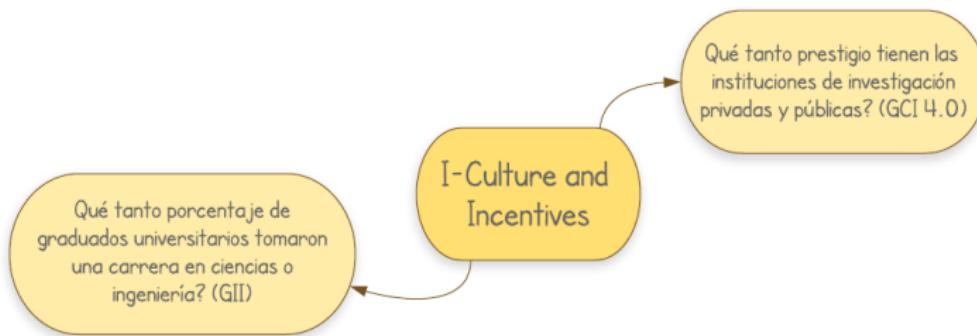
- *I-Demand* y *Transitividad* presentan una correlación Pearson de -0.86, p-value de 0.028.
- *Possible lectura:* a mayor inversión del gobierno en innovación y mayor colaboración entre universidades y compañías, y mayor soporte e impulso del mercado doméstico hacia la innovación, vamos a observar menos densidad de triángulos en el ecosistema.
- Por un lado, no sabemos si este comportamiento va a suceder en cualquier ecosistema de innovación que estudiemos.

Observación 1: I-Demand y Core Ratio

- *I-Demand y Core Ratio* presentan una correlación Pearson de -0.89, p-value de 0.018.
- *Possible lectura:* a mayor inversión del gobierno en innovación y mayor colaboración entre universidades y compañías, y mayor soporte e impulso del mercado doméstico hacia la innovación, vamos a observar que el ecosistema tiene un menor core ratio, o mayor cantidad de islas.

Observación 2

La métrica I-Culture incentives tiene correlación significativa y positiva con la fuerza promedio, radio y diámetro de los grafos. Los siguientes valores determinan esta métrica:



Observación 2: I-Culture and Incentives y Fuerza de interacciones

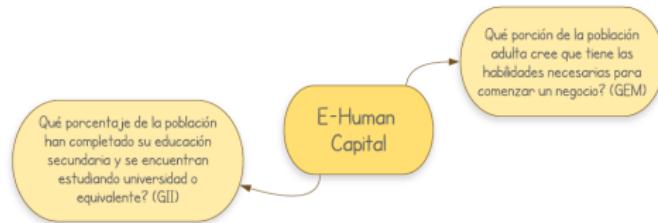
- *I-Culture incentives y Fuerza de interacciones* presentan una correlación Pearson de 0.86, p-value de 0.029.
- *Possible lectura:* entre mayor sea el porcentaje de graduados en ramas de ciencia y tecnología, y mayor sea el prestigio de las instituciones de investigación en un país, va a haber mayor intensidad en las colaboraciones que se lleven a cabo en su ecosistema innovativo.

Observación 2: I-Culture and Incentives y Diámetro

- *I-Culture incentives* presentan una correlación Pearson de 0.89 y 0.96 con *Diámetro* y *Radio*, respectivamente al igual que p-values de 0.018 y 0.0024.
- *Possible lectura:* entre mayor sea el porcentaje de graduados en ramas de ciencia y tecnología, y mayor sea el prestigio de las instituciones de investigación en un país, mayores serán el diámetro y el radio del ecosistema
- Es decir, mayor serán la mayor y la menor de las eccentricidades nodales.
- Es interesante que la correlación arriba sea observada, mientras que la eccentricidad promedio en sí no logre presentar una correlación significativa con *I-Culture and Incentives* (correlación Pearson de 0.8).

Observación 3: E-Human Capital y Central Point Dominance

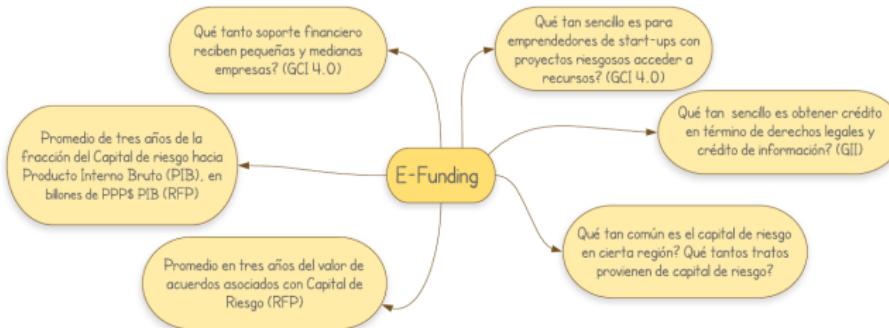
- *E-Human Capital y la Dominancia del Punto Central* presentan una correlación Pearson de 0.95.
- Los siguientes valores determinan E-Human Capital:



- Un posible lectura: entre más personas tengan nivel universitario de educación y se crean capaces de comenzar un negocio, mayor influencia- en términos de betweenness centrality -va a tener el nodo central del ecosistema.

Observación 3: E-Funding y Average Strength

- *E-funding y la Fuerza promedio de interacciones* presentan una correlación Pearson de 0.83, p-value de 0.039.
- Los siguientes valores determinan E-funding:



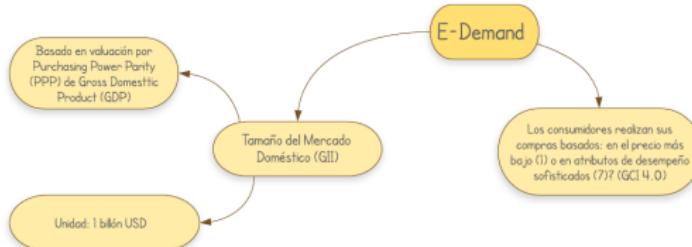
- Esta observación parece ser intuitiva, ya que entre más inversión haya para el capital de riesgo, mayor fuerza tienen los proyectos en los que colaboran las organizaciones de un ecosistema.

Observación 4

La métrica *E-Demand* está significativamente correlacionada con la mayoría de las métricas globales del grafo:

- Negativamente: peso de nodo promedio, indegree, outdegree, degree, weighted indegree, weighted outdegree, weighted degree, clustering, transitividad y eficiencia global.
- Positivamente: eccentricidad, camino más corto promedio.

La métrica E-Demand es determinada por los siguientes valores:



Observación 4: Correlaciones negativas de E-Demand

- Entre mayor sea el tamaño de uno de los mercados que estudiamos, menor número de interacciones habrá por organización, tanto por iniciativa propia de la organización o de una organización ajena.
- También, a mayor tamaño tenga e mercado, menor será el peso o la importancia de cada nodo en su ecosistema. Además, se observarán menores niveles de aglomeración por nodo, de densidad de triángulos, y de eficiencia global.
- Estos indicadores parecen sugerir que incrementar el tamaño de un mercado tiende a reducir la capacidad de colaboración en el mismo.

Observación 4: Correlaciones positivas de E-Demand

- Entre mayor E-Demand hay, mayor es el conjunto de distancias más cortas desde un nodo hacia el resto de un ecosistema, ya que hay un incremento de eccentricidad y de camino más corto promedio.
- Entre más tiendan a comprar productos los consumidores basados en atributos de desempeño, y entre mayor sea el tamaño del mercado, mayor será la lejanía promedio de una organización hacia las demás.
- Si consideramos cercanía en un ecosistema de innovación como un factor que propicia las colaboraciones, entonces mayor E-Demand implica mayor dificultad para colaborar con cualquier otra organización en el ecosistema.
- Sin embargo, a mayor E-Demand también el tamaño del mercado es mayor, lo cual explica bastante bien por qué las longitudes de los caminos más cortos incrementan.

Observación 5

También se observó una correlación significativa y negativa con camino más corto promedio, así como una correlación significativa y positiva con eficiencia global. Para comprender a más profundidad el por qué de esta observación, observemos los valores que determinan la métrica de Impacto



Observación 5: Impacto y Camino más corto promedio

- *Impacto y Camino más corto promedio* presentan una correlación significativa Pearson de -0.84.
- Basado en los valores mencionados arriba que determinan la métrica de impacto, y pensando en impacto como un objetivo más que como un factor, podemos interpretar lo siguiente:
- Entre menor medida tenga el camino más corto promedio en un ecosistema de innovación, mayor va a ser el impacto de dicha red.

Observación 5: Impacto y Eficiencia Global

- *Impacto y Eficiencia Global* presentan una correlación significativa y positiva Pearson de 0.89.
- Basado en los valores mencionados arriba que determinan la métrica de impacto, y pensando en impacto como un objetivo más que como un factor, podemos interpretar lo siguiente:
- Entre mayor sea la eficiencia global promedio de las organizaciones en un ecosistema, mayor va a resultar el valor de impacto.

Observación 5: Camino más corto promedio y Eficiencia Global

- Es interesante que *Impacto* lleve una correlación opuesta con estas dos medidas que tienen una definición parecida.
- El Camino más corto promedio en un nodo v de un grafo $G = (V, E)$ se computa de la siguiente manera:

$$Cmcp(v) = \frac{1}{|V| - 1} \sum_{w_i \in V, w_i \neq v} d(v, w_i).$$

- La Eficiencia global de un nodo v de un grafo $G = (V, E)$ es el promedio de los recíprocos de las distancias más cortas desde dicho vértice hacia los demás nodos en el grafo:

$$Eg(v) = \frac{1}{|V| - 1} \sum_{w_i \in V, w_i \neq v} \frac{1}{d(v, w_i)}.$$

Observación 5: Camino más corto promedio y Eficiencia Global

- Camino más corto promedio:

$$Cmcp(v) = \frac{1}{|V|-1} \sum_{w_i \in V, w_i \neq v} d(v, w_i).$$

- Eficiencia Global:

$$Eg(v) = \frac{1}{|V|-1} \sum_{w_i \in V, w_i \neq v} \frac{1}{d(v, w_i)}.$$

- En otras palabras, Eficiencia Global nos ayuda a normalizar los valores promediados entre 0 y 1, solo que presentan una distribución inversa; a mayor valor de $d(v, w_i)$, menor valor de su recíproco.
- Esto último explica por qué la correlación entre impacto y camino más corto promedio es negativa, mientras que la correlación entre impacto y eficiencia global es positiva.

Otras medidas globales

- **Rich Club Coefficient:** para cada grado k , nos da la razón de el número real de aristas E_k , entre el número de aristas potenciales entre los N_k nodos de grado mayor a k

$$\phi(k) = \frac{2E_k}{N_k(N_k - 1)}.$$

- **Core ratio:** fracción de los nodos del grafo cuyo grado es mayor a 2.
- **Central point dominance:** mide a qué grado el grafo tiene un nodo central. Abajo, B_i es betweenness centrality de el nodo i :

$$CPD(G) = \frac{1}{|V(G)| - 1} \sum_{v_i \in V(G)} (B_{max} - B_i)$$

- **Spectral Radius:** el máximo valor absoluto de un eigenvalor de la matriz de adjacencia; entre menor sea, mayor robustez del grafo en términos de esparcimiento de un 'virus', idea o mensaje.

Otras medidas globales

- Todas estas medidas son descriptivas en cuanto a la robustez y eficiencia de una red.
- Volvimos a buscar correlaciones significativas, y encontramos:
 - Central point dominance tiene correlación de 0.95 con E-Human Capital; entre mayor E-Human Capital, mayor se asemeja la topología de la red a la de una estrella.
 - *E-demand* tiene correlaciones de -0.94, 0.95 con *Core Ratio*, y *Spectral radius*, respectivamente. La correlación negativa sugiere que a mayor E-demand haya en un ecosistema, menor va a ser la fracción de nodos que tienen al menor cierto grado. La correlación positiva sugiere que a mayor E-Demand, menor radio espectral, es decir menor eficiencia en cuanto al espaciamiento de algo, ya sea positivo o negativo.

Parte 2

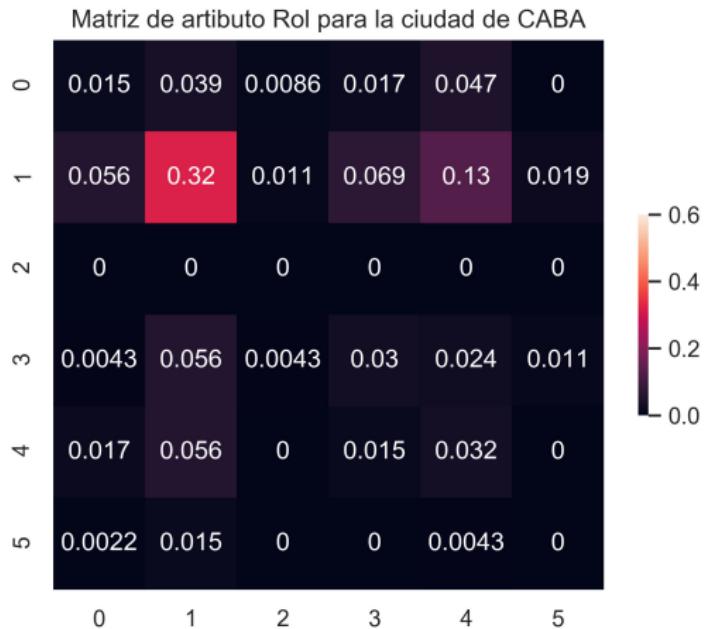
Distribución de conectividad en las redes por roles de los actores

Distribución de conectividad en las redes por rol

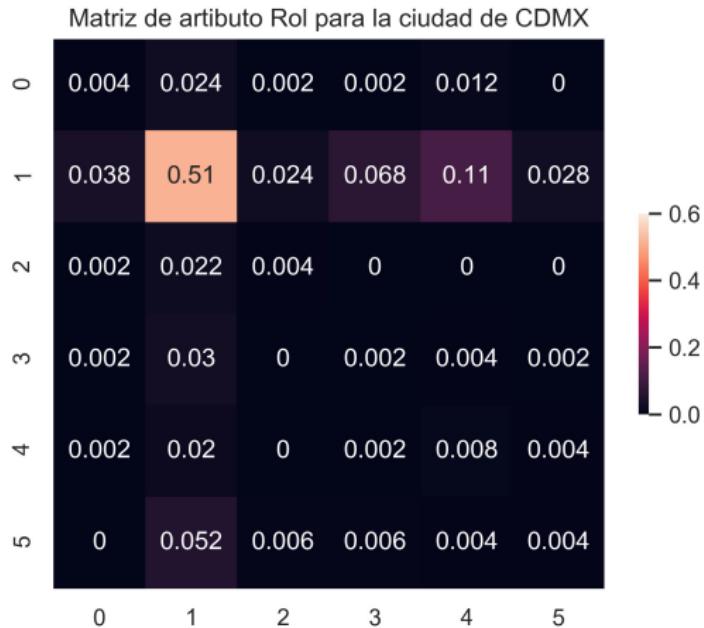
Para cada capital:

- ① Asignamos un índice a cada rol de la siguiente manera:
 - Generador de conocimiento :0
 - Habilitador: 1
 - Promotor: 2
 - Vinculador: 3
 - Articulador: 4
 - Comunidad: 5
- ② Construimos una matriz de mezcla de atributo, en la cual la entrada (i,j) corresponde a la fracción de interacciones desde un nodo con rol i hacia un nodo con rol j , sobre el número total de interacciones.
- ③ Hicimos un mapa para visualizar las cifras que obtuvimos en cada una de las seis matrices.

Matriz de distribución de CABA

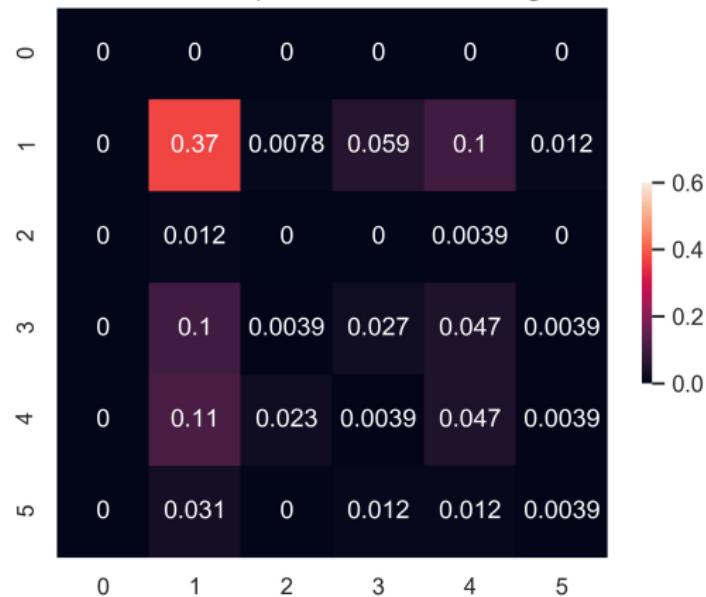


Matriz de distribución de CDMX



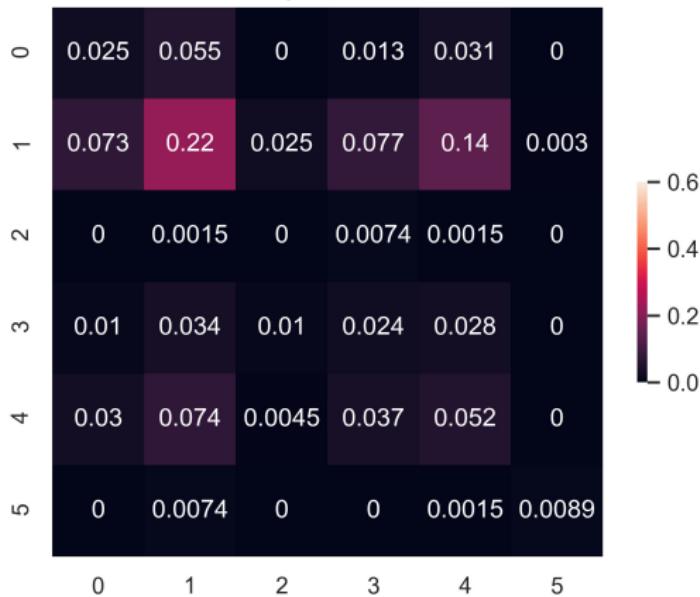
Matriz de distribución de Santiago de Chile

Matriz de atributo Rol para la ciudad de Santiago de Chile



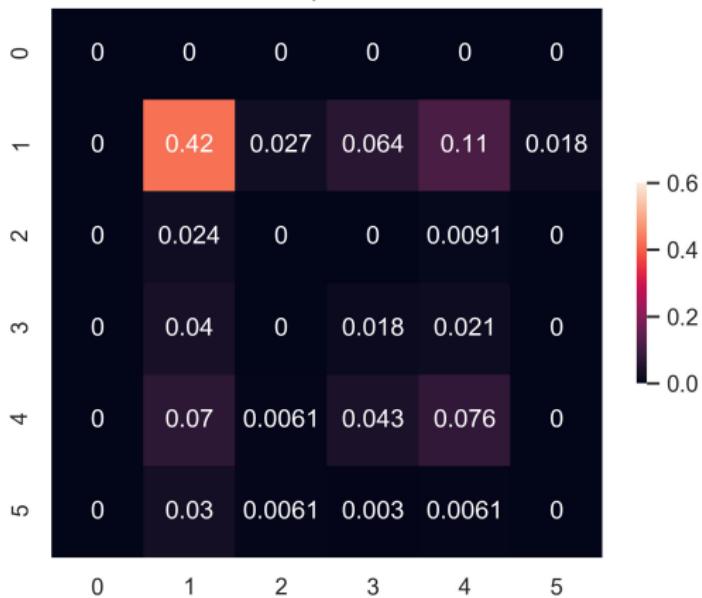
Matriz de distribución de Montevideo

Matriz de atributo Rol para la ciudad de Montevideo



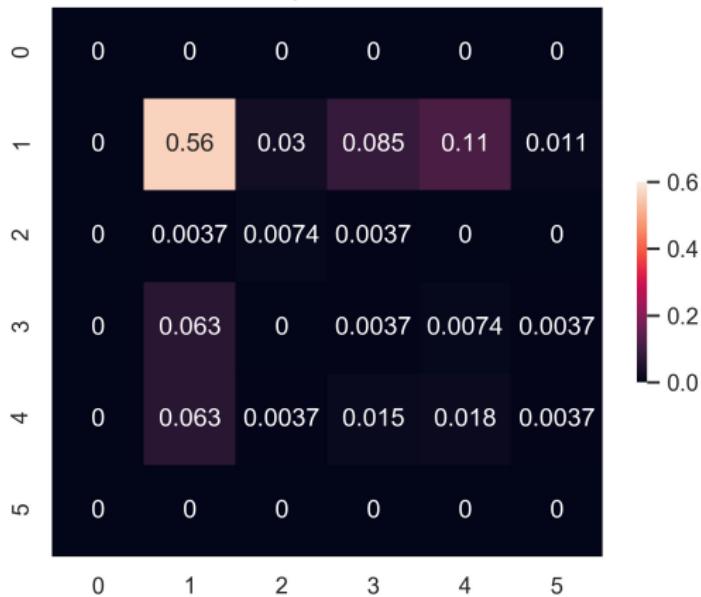
Matriz de distribución de Madrid

Matriz de atributo Rol para la ciudad de Madrid



Matriz de distribución de Sao Paulo

Matriz de atributo Rol para la ciudad de Sao Paulo



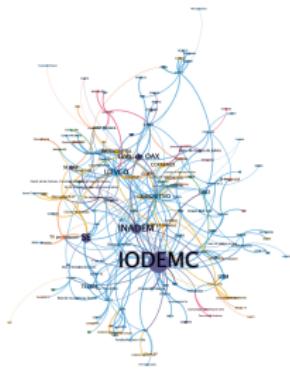
Parte 3

Núcleos de grafos y las estabilidades en sus ecosistemas

El caso de Oaxaca y Santiago de Chile

- Esta parte trata una observación muy interesante que nos fue comentada acerca de las redes de Oaxaca y Santiago de Chile.
- La red de Oaxaca tiene mucha dependencia hacia el nodo IODEMC; al remover dicho nodo, la red se desestabiliza.
- La red de Santiago de Chile tiene mucha dependencia hacia el nodo CORFO; al remover dicho nodo, sin embargo, la red se mantiene estable.
- Las observaciones de estabilidad están basadas en el algoritmo Force Atlas 2, el cual es un algoritmo de espacialización de redes sociales complejas.

Oaxaca al remover IODEMC



(a) Ecosistema original



(b) Al remover IODEMC



(c) Al aplicar Force Atlas 2

Santiago de Chile al remover CORFO



(a) Ecosistema original



(b) Al remover CORFO



(c) Al aplicar Force Atlas 2

Análisis: cambios cuantitativos

- Pensando por qué uno de los dos grafos haya cambiado visiblemente, buscamos efectos cuantitativos de remover estos nodos nucleares. La siguiente tabla muestra el efecto de remover IODEMC de Oaxaca.

	Grafo Dirigido / con pesos arista		Grafo no Dirigido / sin pesos arista	
	Antes	Después	Antes	Después
Average degree			1.974	1.629
Avg Weighted degree			6.882	5.541
Diameter	9	11	6	7
Density	0.01	0.008	0.019	0.016
Modularity	0.535	0.612	0.492	0.568
# Connected Components	1	14	1	14
Avg. Clustering Coefficient	0.088	0.051	0.315	0.201
Average Path length	3.897	4.556	3.228	3.623

Análisis: cambios cuantitativos

- Por otro lado, la siguiente tabla muestra el efecto de remover CORFO de Santiago de Chile.

	Grafo Dirigido / con pesos arista		Grafo no Dirigido / sin pesos arista	
	Antes	Después	Antes	Después
Average degree			2.188	1.838
Avg. Weighted degree			8.685	7.216
Diameter	5	12	5	7
Density	0.015	0.013	0.028	0.024
Modularity	0.538	0.606	0.513	0.582
# Connected Components	1	4	1	4
Avg. Clustering Coefficient	0.075	0.056	0.245	0.206
Average Path length	3.546	4.664	3.321	3.741

Análisis: IODEMC y CORFO

Comparación entre el rol de CORFO en SCL y IODEMC en Oaxaca

	CORFO	IODEMC		CORFO	IODEMC
Role	Articulador	Articulador	Closeness centrality	0.560694	0.517483
Average Strength	4.289474	4.25	Harmonic centrality	0.628436	0.585586
Menciones	38	41	Betweenness centrality	10728.847	5007.930
Weight	32.6	34.8	Number of Triangles	77	37
In degree	44	35	Eigenvector Centrality	1.0	1.0
Out degree	25	19	Clustering Coefficient	0.055878	0.07006
Degree	69	54	Path length	2.973	2.213
Weighted In degree	190	151.0	Global efficiency	2.993	2.239
Weighted Out degree	77	75.0	Local efficiency	0.437	0.686
Weighted degree	267	226.0	Within module z-score (role)	1.744	2.062
Eccentricity	4.0	3.0	Participation coefficient	0.759	0.762
Authority	0.556544	0.508326			
Hub	0.556495	0.508301			

Significado de los colores del texto en la tabla de arriba:

- Información disponible en el archivo Gephi directamente
- **Negritas:** Valores que no eran los máximos en la red (mínimos: excentricidad)

Análisis: IODEMC y CORFO

- El posicionamiento no-central de IODEMC en su ecosistema respecto al algoritmo Force Atlas 2 parece ser la explicación más directa de por qué se pierde estabilidad al remover dicho nodo.
- Bastantes de las centralidades que estudiamos, no sólo en betweenness centrality, tienen un valor más pequeño para el nodo IODEMC. Esto podría consolidar una razón de la posición no-central de dicho nodo.
- No es claro hasta el momento si uno de los ecosistema se desestabiliza más que el otro, de acuerdo a las métricas globales de los grafos que se obtuvieron.
- Este razonamiento puede no ser el único válido y puede haber más discusiones interesantes respecto a este tema.

Parte 4

Indicador de colaboratividad de los ecosistemas

Con qué métricas hemos medido a los ecosistemas?

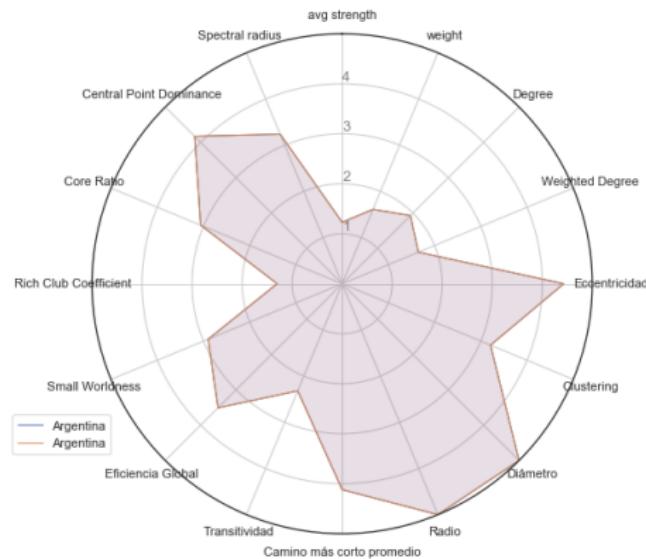
- Average strength (Fuerza promedio)
- Weight (Peso)
- Degree (Grado)
- Weighted degree
- Excentricidad
- Clustering (Aglomeración)
- Diámetro
- Radio
- Camino más corto promedio
- Transitividad
- Eficiencia Global
- Small Worldness
- Rich Club coefficient
- Core Ratio
- Central Point Dominance
- Spectral Radius

Qué observaciones hemos hecho?

- ① Reescalamos las medidas en una escala del 1 al 5, donde 1 y el 5 le corresponden a las ciudades con mínimo y máximo valor en el parámetro en cuestión, respectivamente.
- ② Invertimos la escala para los parámetros si una red es generalmente más colaborativa en cuanto menor sea cierto valor.
- ③ Realizamos por cada una de las capitales, un mapa de araña mostrando nuestros datos de acuerdo a las escalas del 1 al 5.

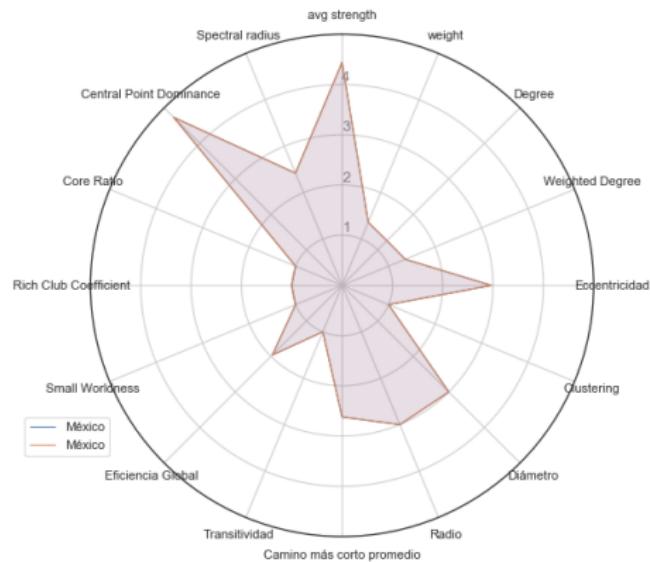
Qué observaciones hemos hecho?

① Ciudad Autónoma de Buenos Aires



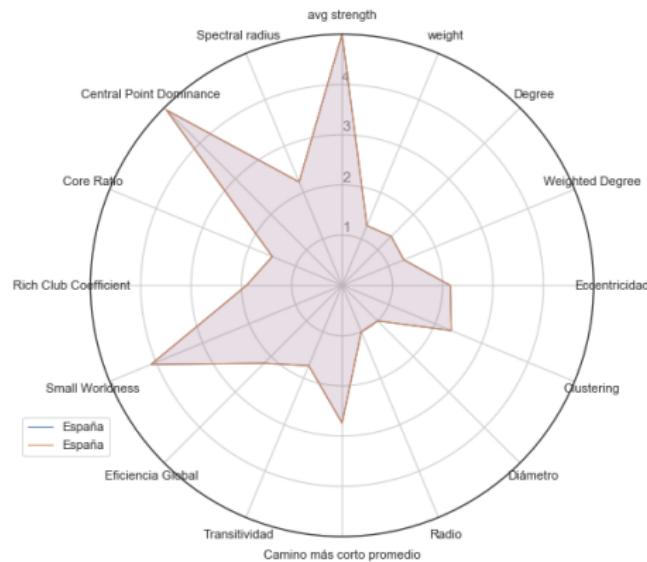
Qué observaciones hemos hecho?

① Ciudad de México



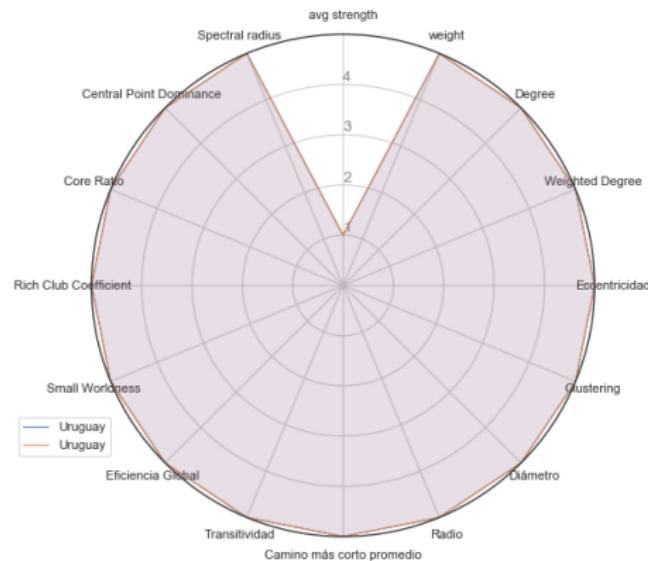
Qué observaciones hemos hecho?

① Madrid



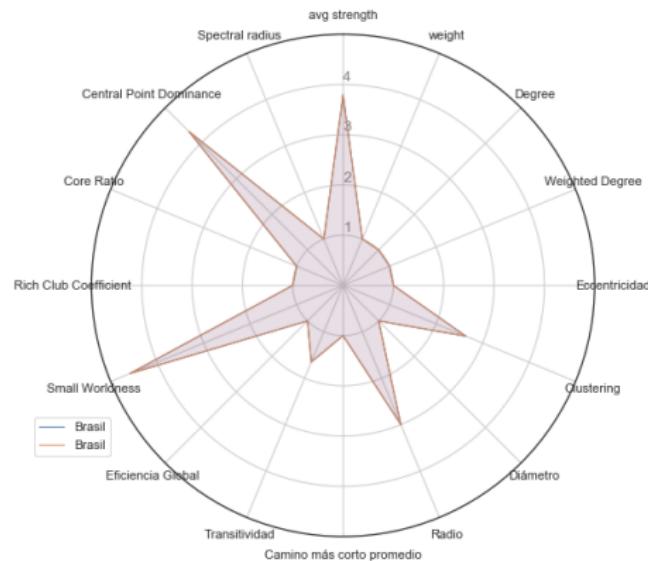
Qué observaciones hemos hecho?

① Montevideo



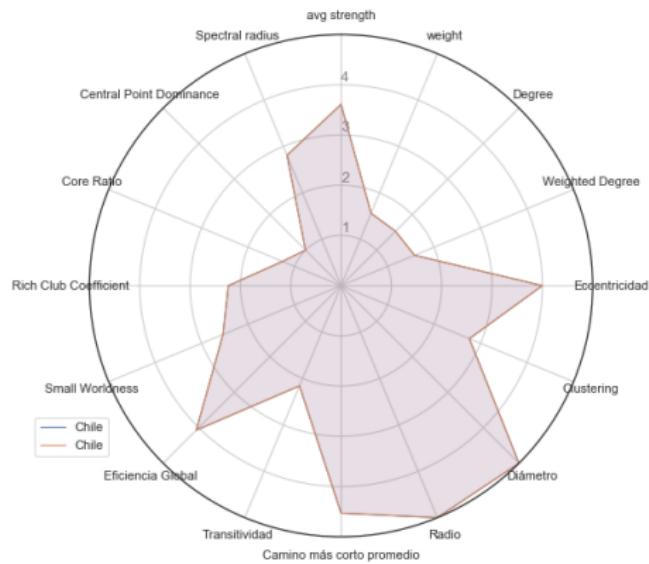
Qué observaciones hemos hecho?

① Sao Paulo



Qué observaciones hemos hecho?

① Santiago de Chile



Meta: fórmula que nos pueda indicar la colaboratividad de un ecosistema

Cosas que valen la pena considerar

- Cuál sería un paragón de un ecosistema colaborativo? *grafo completo*
- Ejemplo más claro de un ecosistema sin colaboración? *el grafo vacío, sin conexiones.*
- En medio quizá no hay un orden claro, o *completo*.
- Queremos que colaboratividad tenga un valor entre 0 y 1.
- Nos gustaría saber bien cómo alterar dicha métrica dando retroalimentación a nivel nodal inclusive.
- La información con la que contamos es como una fotografía, en el sentido de que no podemos hacer muchas predicciones acerca de cómo va a seguir desenvolviéndose el ecosistema.

Notas

En el paper Measuring Collaboration Performance in Virtual Organizations, tomamos nota de algunos de los puntos más importantes tomados en cuenta al medir colaboratividad en una organización:

- Capacidad de comunicación.
- Preparación para avances futuros
- Adaptabilidad, Estabilidad, Confidencialidad
- Orientación al cliente

Estas descripciones son buenas para describir la colaboratividad dentro de una organización. En dado caso, qué tipo de conceptos tomaríamos en cuenta que puedan describir la colaboratividad en un conjunto de organizaciones?

Idea 1

Tomar colaboratividad como la norma, dividida entre $\sqrt{7}$, de un vector en $[0, 1]^7 \subset \mathbb{R}^7$, donde

- Primer valor: average degree- podemos normalizarlo entre 0 y 1 para todo nodo y tomar el promedio.
- Segundo valor: Modularidad
- Tercer valor: Clustering
- Cuarto valor: Eficiencia global
- Quinto valor: Core Ratio
- Sexto valor: Rich Club coefficient
- Séptimo valor: Small worldness

Estaríamos tomando la **media cuadrática** de los valores arriba.

A pensar: La idea de average degree ya que este puede ser muy bajo.

Otro problema es que no todas las métricas contribuyen de igual manera a la colaboratividad de una red/ecosistema.

Idea 2

- Qué tan bien se comunica el ecosistema se puede medir con
 - *Eficiencia global*: entre sea, más eficientemente es la comunicación
 - *Small Worldness*: a mayor sea, más aglomeración y menor es el camino promedio entre parejas de actores.
 - *Radio Espectral*: A mayor sea, menor robustez hacia esparcimiento.
- Qué tanta preparación para colaboraciones o desarrollo futuros:
 - *Rich Club Coefficient*: qué tanta colaboración hay entre los nodos prominentes?
 - *Average Strength*: en parte dice qué tan productivas han sido las colaboraciones hasta el momento.
- La estabilidad de un ecosistema se puede medir en:
 - *Transitividad*: entre mayor, menos probable que se pierda una conexión si se remueve un nodo.
 - *Clustering*: entre mayor sea, más robusta la interconexión del grafo.
 - *Central Point Dominance*: entre menor, menos dependencia tiene el grafo hacia el nodo más unfluente.
 - *Modularidad*: **

Idea 2: esquema



Idea 2: fórmula

$$\mathcal{C}(G) := \mathcal{Q.M.} \left(\frac{\text{eg} + \text{sw}}{2}, \frac{\text{rcc} + \text{as}}{2}, \frac{\text{cl} - \text{cpd}}{2} \right)$$

- $\mathcal{C}(G)$: colaboratividad del grafo G
- $\mathcal{Q.M.}$: media cuadrática
- eg : Eficiencia Global
- sw : Small Worldness
- rcc : Rich Club Coefficient
- as : Average Strength
- cl : Clustering
- cpd : Central Point Dominance

Idea 3: Recomendaciones Nodales

Quizá faltan números y datos aquí, pero estas son ideas para los nodos según su estado en el ecosistema, con el fin de incrementar el impacto del mismo:

- Un nodo central o con alto nivel de colaboraciones:
 - Crear eventos de comunidad para compartir con otras organizaciones ideas y prácticas.
 - Colaborar con otras organizaciones, darle impulso a aquellas que potencialmente pueden llegar a ser competencia en un futuro.

Idea 3: Recomendaciones Nodales

Quizá faltan números y datos aquí, pero estas son ideas para los nodos según su estado en el ecosistema, con el fin de incrementar el impacto del mismo:

- Un nodo periférico (*posiblemente como consecuencia del procedimiento de snowballing*):
 - Formar vínculos con actores colaborativos, ya sea en base a su closeness centrality o a su eficiencia global.
 - Colaborar con el nodo con el más alto betweenness centrality no es necesariamente buena idea, ya que potencialmente va a incrementar dicha métrica para ese nodo, y puede aumentar la dependencia del ecosistema en un nodo.

Idea 3: Recomendaciones Nodales

Quizá faltan números y datos aquí, pero estas son ideas para los nodos según su estado en el ecosistema, con el fin de incrementar el impacto del mismo:

- Un nodo que no se encuentra ni en el núcleo ni en la periferia:
 - Formar parte de alguna comunidad de organizaciones enfocadas a la innovación, y hacer que los miembros que tienen capacidad de definir la visión de la organización participen de manera activa en estas comunidades.
 - Buscar a las competencias dentro del mercado local; estar en contacto con estos actores y aprender de sus prácticas con el fin de mejorar las propias.
 - Trabajar en aumentar colaboraciones, pero poner calidad de colaboraciones encima de cantidad.

Idea 3: Recomendaciones Nodales

Quizá faltan números y datos aquí, pero estas son ideas para los nodos según su estado en el ecosistema, con el fin de incrementar el impacto del mismo:

- Para cualquier nodo,
 - Tener al menos una colaboración fuerte con algún otro actor del sistema cada cierto tiempo (determinado en base a los recursos)
 - Trabajar en una estructura interna (esto es como darle mantenimiento a un vehículo) que propicie la colaboración, bienestar y productividad de los miembros.

Idea 4: Métricas más descriptivas

- Pensar en colaboratividad de una red en términos de los 4 componentes es una buena idea:
 - ① Eficiencia en comunicación
 - ② Capacidad de futuras colaboraciones.
 - ③ Resistencia al colapso.
 - ④ Cultura de colaboratividad
- Hay sin embargo algunas veces en las que dos métricas comunican información parecida, solo que una de estas métricas se adecúa más a los ecosistemas estudiados, construidos a partir de snowballing.
- Entonces nos interesa conocer este tipo de relaciones entre las 16 métricas de los ecosistemas que hemos medido.

Idea 4: Métricas más descriptivas

Nota: añadimos la métrica de *Eficiencia local* aunque no la hayamos computado en análisis pasados.

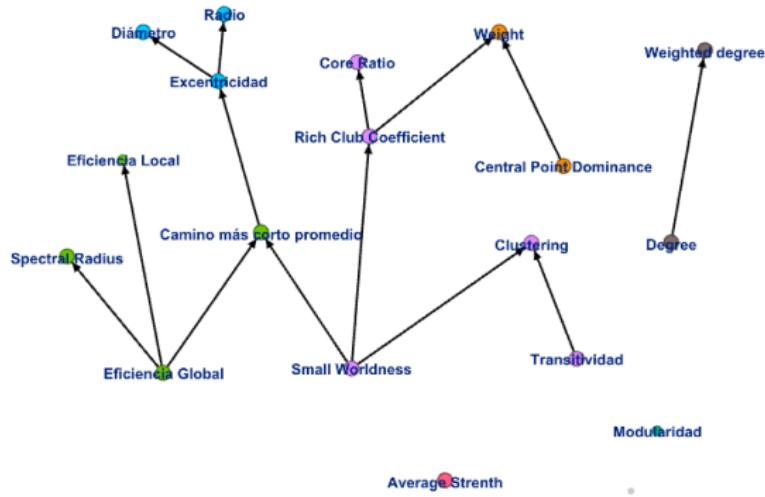


Figure: Arista $A \rightarrow B$: métrica A es más descriptiva que métrica B .

Idea 4: Pilares de la colaboratividad:

① Eficiencia en comunicación:

- Eficiencia global (+)

② Capacidad de futuras colaboraciones:

- Small worldness (+)
- Modularidad (-)

③ Resistencia al colapso:

- Transitividad (+)

Idea 4: fórmula

$$\mathcal{C}(G) := \mathcal{Q.M.} \left(\text{eg}, \frac{\text{sw} + (1 - \text{mod})}{2}, \text{tr} \right)$$

- $\mathcal{C}(G)$: colaboratividad del grafo G
- $\mathcal{Q.M.}$: media cuadrática
- eg : Eficiencia Global
- sw : Small Worldness
- mod : Modularidad
- tr: Transitividad

Idea 5: Fórmula

$$\mathcal{C}(G) := \text{eg} + \text{tr} + 1 - \frac{\text{cr} + \text{mod}}{2}$$

- $\mathcal{C}(G)$: colaboratividad del grafo G
- $Q.M.$: media cuadrática
- eg : Eficiencia Global
- tr: Transitividad
- cr : Core Ratio
- mod : Modularidad

Idea 5: Rangos

$$\mathcal{C}(G) := \text{eg} + \text{tr} + 1 - \frac{\text{cr} + \text{mod}}{2}$$

- $\mathcal{C}(G)$: colaboratividad del grafo G
- $Q.M.$: media cuadrática
- eg : Eficiencia Global
- tr: Transitividad
- cr : Core Ratio
- mod : Modularidad

Evaluando formulas

Fórmula	Correlación con Impacto
• $Efi + Tran + 1 - (Mod + Core) / 2$	0.944 (p 0.0045)
• $Efi + Tran + 1 / Exc - Mod$	0.868 (p 0.024)
• $Efi + (SmW + 1 - Mod) / 2 + Tran$	0.461 (p 0.357)

También se revisó que las mediciones posicionaran *correctamente* a aquellos ecosistemas sintéticos que tuvieran un índice de colaboratividad que fuera esperado como alto o bajo. Todas las fórmulas obtuvieron calificaciones casi perfectas.

Fórmula original

La fórmula original con la que se ha estado trabajando es la siguiente:

$$\mathcal{C}(G) = \frac{1}{2} \cdot \text{Colabs_promedio} \cdot \left(\text{Clustering} + \log \left(\frac{1}{\text{Modularidad}^2} \right) \right)$$

- ① Colabs_promedio se obtuvo a partir del número de respuestas que cada organización.
- ② Clustering determina el promedio global, del nivel de aglomeración que se observa entre los colaboradores de cada nodo.
- ③ Modularidad toma un valor en $[-1, 1]$ de modo que el logaritmo de $1/mod^2$ toma un valor negativo, 0 cuando modularidad es -1 o 1, y diverge a ∞ cuando modularidad se acerca a cero.