

Identificación de tecnologías

con potencial para generar transiciones sociotécnicas gemelas en el Distrito de Medellín

POLICY BRIEF

Septiembre 2024

HUB LATINOAMERICANO Y CARIBEÑO DE POLÍTICA DE INNOVACIÓN TRANSFORMATIVA

Identificación de tecnologías con potencial para generar transiciones sociotécnicas gemelas en el Distrito de Medellín

AUTORES

- Oscar Yandy Romero Goyeneche - Economía Geográfica de la Facultad de Geociencias de la Universidad de Utrecht.
- Felber J. Arroyave Bermúdez - Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Jorge Robledo Velásquez - Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín
- Matías Ramírez - Universidad de Sussex, Reino Unido.

PREGUNTAS ORIENTADORAS

- ¿Cuáles tecnologías deben fomentar la política distrital de CTI para unirse a (o formar) nichos transformativos que impulsen las transiciones gemelas hacia sistemas sociotécnicos más sostenibles?
- ¿Cuál puede ser el papel de las empresas y universidades, como actores clave de los sistemas sociotécnicos, en la acumulación de capacidades de investigación, invención y producción para las "transiciones gemelas"?
- ¿Hacia dónde debería orientarse la política distrital de CTI para consolidar las capacidades necesarias de la ciudad para sustentar las transiciones gemelas?

RESUMEN

Las "transiciones gemelas", que combinan tecnologías asociadas a la transición verde con tecnologías de transformación digitales, representan el foco de los esfuerzos para reducir las emisiones dañinas de CO₂ y protección de la biodiversidad. La convergencia de estas tecnologías es capaz de "escalar" esfuerzos para mitigar y adaptar al cambio climático. Este informe presenta los resultados de un estudio sobre avances de transiciones gemelas en la región de Medellín y sugiere rutas para que instituciones relevantes de la región (política pública, gremios y asociaciones empresariales, inversionistas, instituciones de educación superior y sociedad civil) puedan contribuir a su maduración y potenciar su poder transformador en la ciudad.

Aplicamos una novedosa metodología para identificar clústeres tecnológicos con el potencial de contribuir a la integración o formación de nichos sociotécnicos de transiciones gemelas en la ciudad de Medellín. Para ello, identificamos clústeres en los cuales Medellín ha acumulado capacidades de investigación, invención y producción, que crean condiciones propicias para la innovación transformativa.

HALLAZGOS PRINCIPALES

- La política distrital de CTI cuenta con una base significativa de capacidades de invención, investigación y producción en la ciudad para unirse a, o formar nichos sociotécnicos de transiciones gemelas. El Distrito debe asumir el compromiso con el fortalecimiento de estas áreas mediante inversión en la construcción de rutas transformativas hacia sistemas sociotécnicos más sostenibles.
- Las capacidades de "invención" de Medellín están principalmente asociadas con tecnologías verdes y, en menor medida, con tecnologías digitales y gemelas. Descuella el clúster tecnológico de "Tratamiento y circularidad de desechos de construcción", que tiene potencial para producir innovaciones gemelas radicales.
- Las universidades son las principales responsables de la generación de "invenciones" en tecnologías verdes y digitales.

- Respecto a las capacidades de "investigación", las tecnologías asociadas son más diversas y están más concentradas en tecnologías verdes; le siguen las tecnologías gemelas y las digitales. En investigación resalta el clúster tecnológico de "Ingeniería clínica", con potencial para producir innovaciones gemelas radicales. Las universidades colombianas son las principales responsables de la investigación, con buena presencia de las universidades de Medellín y algunas universidades extranjeras asociadas a la investigación en tecnologías digitales.
- En Medellín existe un grupo significativo de empresas que muestran compromiso con las transiciones gemelas. Estas empresas implementan tecnologías verdes y/o digitales y hacen explícito su compromiso con la sostenibilidad en mayor o menor medida, conformando una base empresarial significativa para el desarrollo de nichos sociotécnicos en la ciudad.

PRINCIPALES HALLAZGOS: CAPACIDADES DE INVENCION - Tecnologías y actores

Tecnologías

Los clústeres tecnológicos en los que Medellín posee capacidades de "invención" (patentes) están principalmente asociados con tecnologías verdes y, en menor medida, con tecnologías digitales y gemelas.

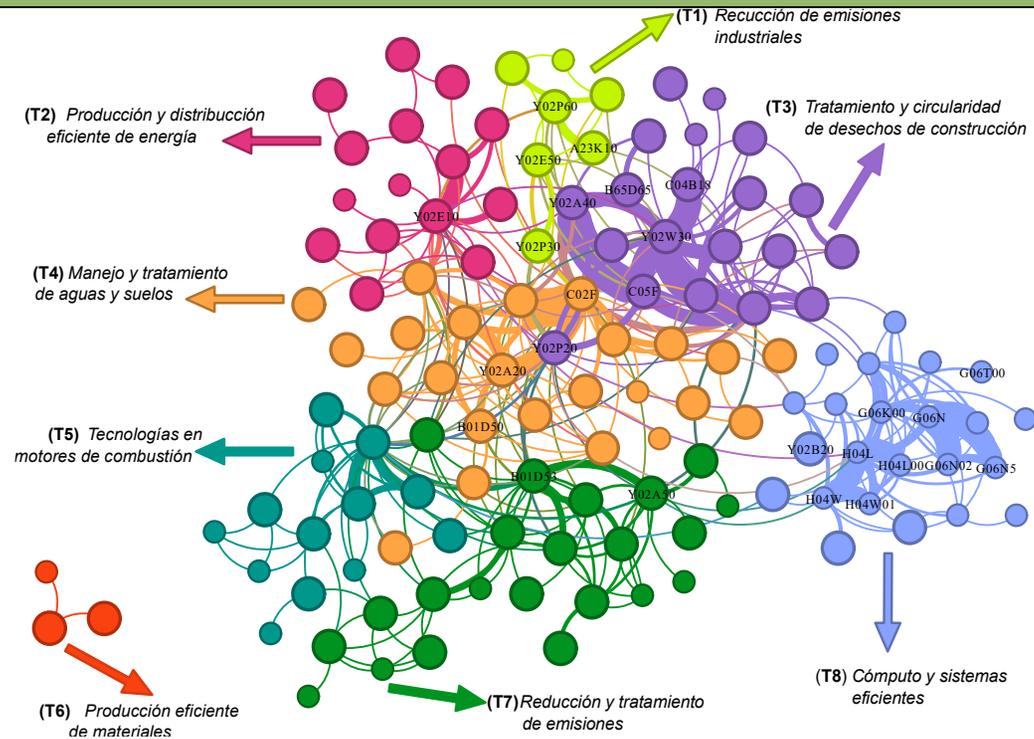


Figura 1. Tipología de los clústeres tecnológicos en los que Medellín presenta capacidades de invención en el contexto nacional. Las tecnologías que se desarrollan en Medellín son indicadas por el nombre de la tecnología sobre el nodo (nomenclatura de patentes).

Actores

En tecnologías verdes y en contraste con lo observado a nivel global, en Medellín existe una alta presencia de universidades colombianas como generadoras de invenciones, con cierto equilibrio entre universidades situadas en y fuera de Medellín (A). La presencia de empresas colombianas es escasa, no siendo ninguna de ellas de Medellín.

En tecnologías digitales, las capacidades de invención de Medellín responden a una participación más equilibrada de empresas y universidades, siendo notable la presencia de universidades situadas fuera de Medellín y de empresas extranjeras (B).

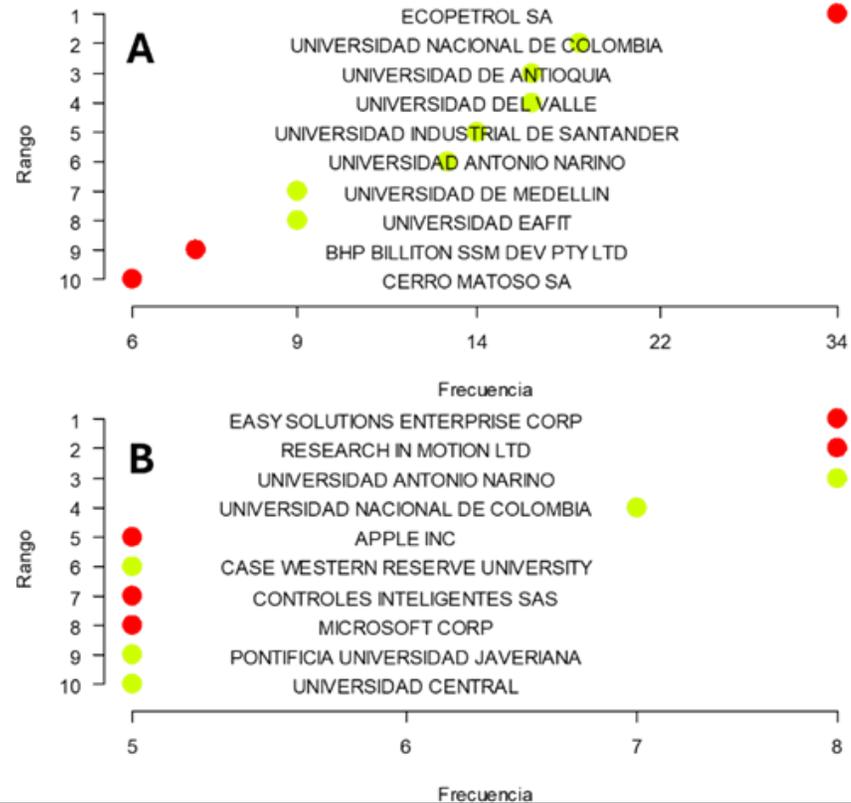


Figura 2. Organizaciones de Medellín vinculadas a las invenciones, ordenadas por número de patentes y diferenciadas entre las que producen tecnologías verdes (A) y digitales (B), y si son empresas (rojo) o universidades (verde).

PRINCIPALES HALLAZGOS: CAPACIDADES DE INVESTIGACIÓN - Tecnologías y actores

Tecnologías

Los clústeres tecnológicos en que Medellín posee capacidades de "investigación" (publicación de artículos científicos) son más diversos tecnológicamente y están más concentrados en tecnologías verdes.

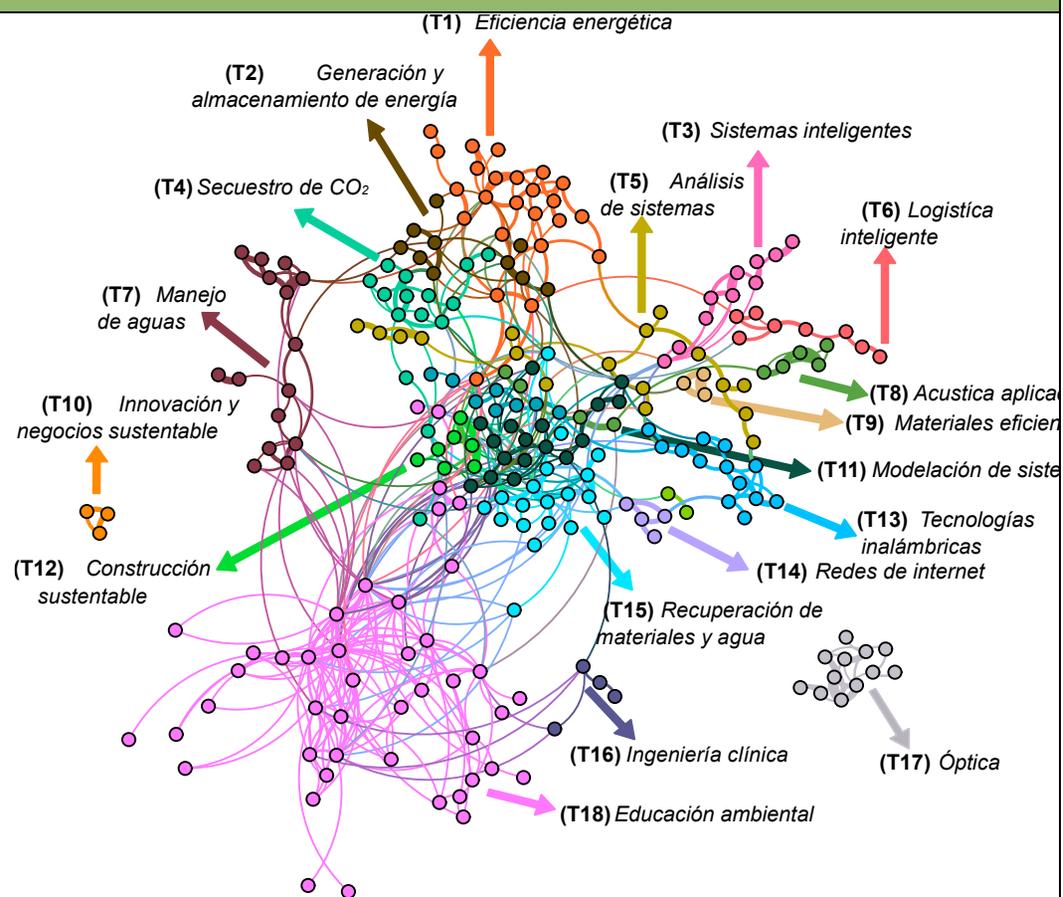


Figura 3. Red de tópicos disciplinares (según OpenAlex) que recoge las publicaciones científicas verdes y digitales de autores de Medellín, los cuales son agrupados en clústeres tecnológicos diferenciados por colores y nombrados de acuerdo con su contenido.

Actores

Las organizaciones que sustentan las capacidades de investigación de Medellín en tecnologías verdes son, con total predominancia, instituciones de educación superior e investigación. En estas tecnologías, los autores de Medellín aparecen colaborando con otras universidades colombianas.

Este patrón se repite para las tecnologías digitales, pero en este caso aparecen algunas universidades extranjeras con las que colaboran autores domiciliados en Medellín.

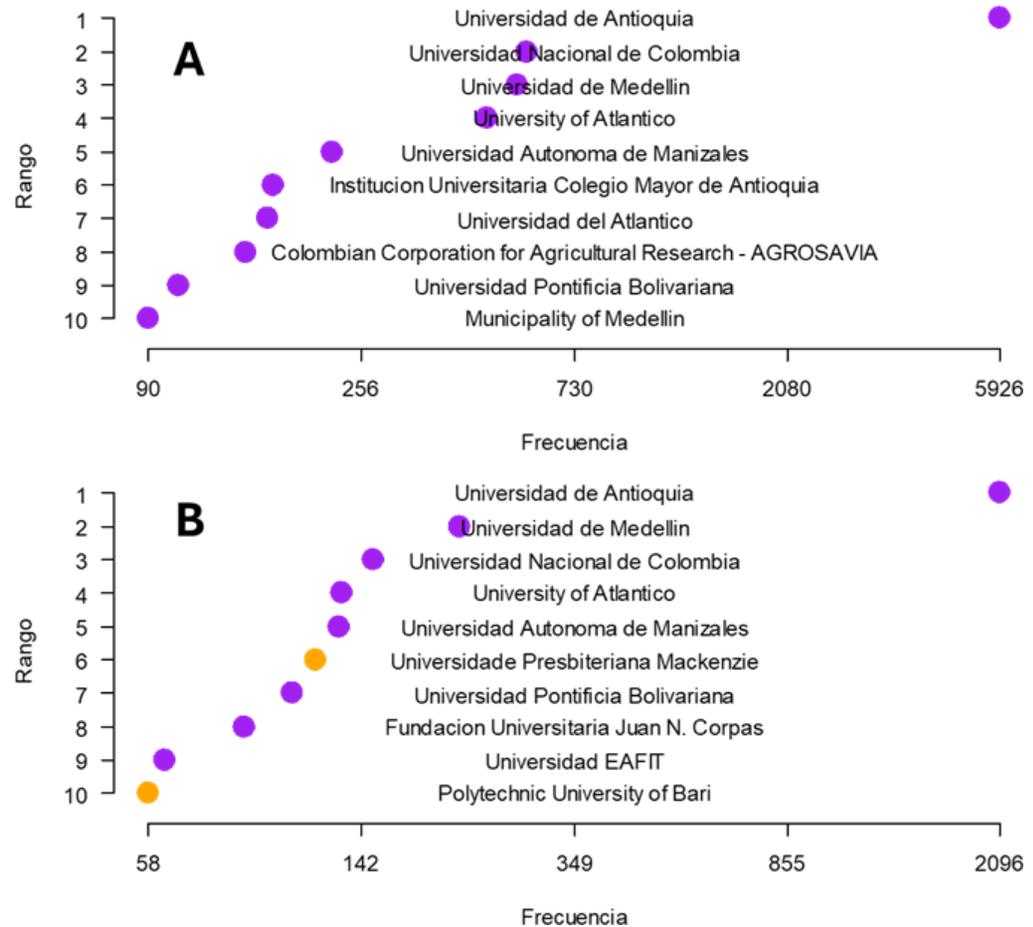


Figura 4. Organizaciones con las que colaboran los autores de Medellín, ordenadas por número de publicaciones científicas y diferenciadas entre las que publican en tecnologías verdes (A) y digitales (B), y entre las que son nacionales (púrpura) y extranjeras (naranja).

PRINCIPALES HALLAZGOS: CAPACIDADES DE PRODUCCIÓN - Compromiso con las transiciones gemelas y tecnologías

Compromiso con las transiciones gemelas de las empresas de Medellín

Clúster 1 - Sin compromiso (71 % de empresas): Empresas tradicionales de diferentes sectores, principalmente de servicios, que no indican intención de promover o incorporar la sostenibilidad o la digitalización en su actividad empresarial.

Clúster 2 - Compromiso medio (19 % de empresas): Empresas del sector manufacturero, de transformación de materias primas y de alimentos y algunas empresas de servicios digitales, en las que se observan actividades relacionadas con las tecnologías verdes o digitales, además de cierto compromiso con la sostenibilidad.

Clúster 3 - Alto compromiso (10 % de empresas): Empresas proveedoras de internet, de servicios digitales y, en menor medida, de productos con alto potencial de transformación hacia la sostenibilidad, como flores y alimentos, en las que resalta un alto compromiso ambiental; y empresas que sirven de intermediarios entre tecnologías digitales y otras organizaciones. Las empresas típicas de este clúster hacen referencia explícita a temas de sostenibilidad, digitalización, desarrollo tecnológico y generación de redes con participación empresarial y de la sociedad civil.

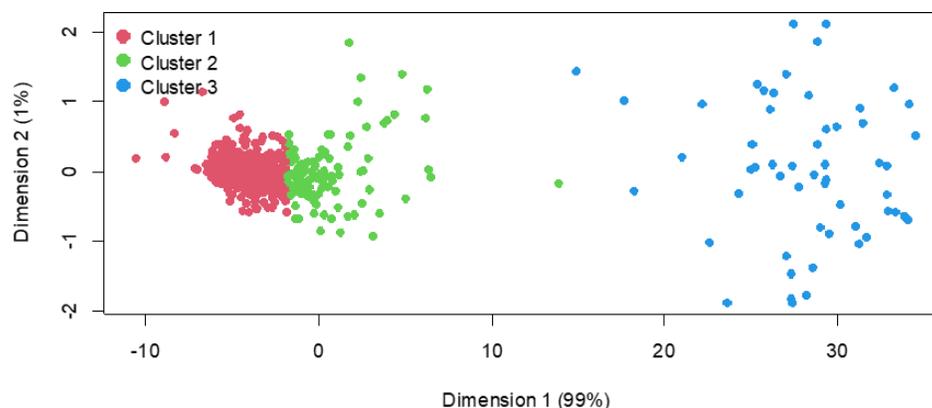


Figura 5. Caracterización de la afinidad semántica entre empresas de Medellín y las tecnologías verdes y digitales. Se muestra un análisis de componentes principales (PCA) basado en la distancia semántica entre cada empresa y cada tecnología, donde cada punto corresponde a una empresa y los colores corresponden a grupos de acuerdo con su posición en el plano.

Tecnologías

Las empresas de Medellín activas en tecnologías verdes trabajan principalmente en la reducción de los problemas y precursores asociados con el cambio climático (ej. Captura y almacenamiento de carbono y Mitigación de gases de efecto invernadero) (A).

En tecnologías digitales, resaltan las empresas que trabajan en procesos de comunicación (ej. Navegación, Posicionamiento, Comunicación, Procesamiento de señales, Comunicación inalámbrica, Redes celulares) y sistemas de cómputo y procesamiento de señales (ej. Procesamiento de imágenes y Generación de imágenes) (B).

Además, los resultados muestran que existe un grupo minoritario de tecnologías que aparecen asociadas a todas las capacidades, por lo cual son de especial relevancia para la ciudad: Tecnologías de energía renovable, Generación de energía (tecnologías verdes), y Comunicación, Procesamiento de señales, Comunicación inalámbrica y Redes celulares (tecnologías digitales).

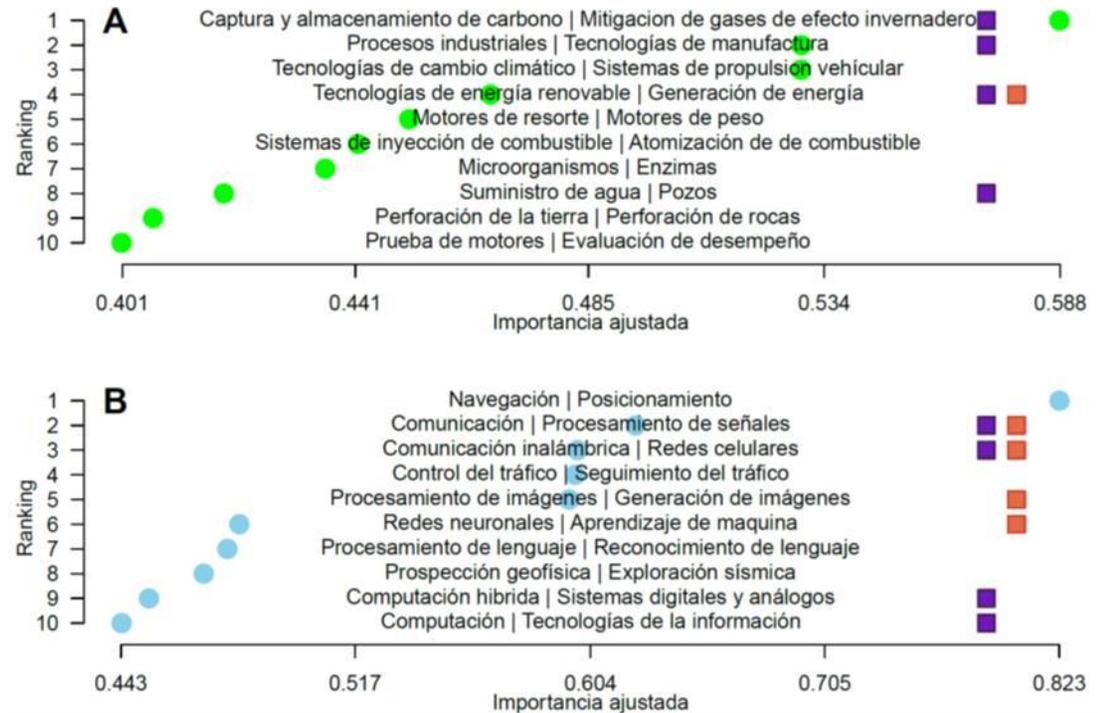


Figura 6. Principales tecnologías verdes (A) y digitales (B) asociadas al tejido empresarial de Medellín. Las tecnologías están organizadas por rango de acuerdo con su asociación media (importancia ajustada) con las diferentes empresas de Medellín. Para cada tecnología se indica la existencia de la tecnología equivalente en la red de patentes (Figura 1) mediante un cuadro rojo y en la red de publicaciones científicas (Figura 3) mediante un cuadro morado.

METODOLOGÍA

Selección de tecnologías relevantes para el análisis

Tecnologías verdes: Utilizamos las tecnologías relacionadas con mitigación y adaptación para el cambio climático, clasificación OCDE. Tecnologías digitales: Adoptamos la propuesta de Chaturvedi et al (2023). En total, fueron analizadas 244 tecnologías clasificadas como tecnologías verdes y 99 tecnologías relacionadas con la digitalización.

Potencial de innovación de las tecnologías gemelas

Para analizar el potencial de innovación de las tecnologías verdes y digitales y su convergencia en tecnologías gemelas, utilizamos la tipología de Mäkitie et al (2023) (Figura 7):

El cuadrante de **“Innovación gemela radical”** agrupa tecnologías con el potencial de generar cambios en la estructura de los regímenes sociotécnicos hacia sistemas sostenibles.

El cuadrante de **“Innovación gemela incremental”**, que agrupa tecnologías que, aunque pueden mejorar algunas características de sostenibilidad de los regímenes sociotécnicos, terminan contribuyendo a mantener su estructura y, en definitiva, su permanencia en el tiempo.

El cuadrante de **“Innovaciones digitales respaldadas en la sostenibilidad”** agrupa tecnologías con potencial para producir cambios estructurales hacia la digitalización con algunos efectos ambientales positivos que aumentan su legitimidad, pero que no fomentan un cambio estructural hacia sistemas sociotécnicos más sostenibles.

El cuadrante de **“Innovaciones sostenibles respaldadas en la digitalización”** agrupa tecnologías que tienen el potencial de producir reconfiguraciones estructurales de los sistemas sociotécnicos, pero aquí las tecnologías digitales juegan un papel más discreto y supeditado al poder transformador de las tecnologías verdes.

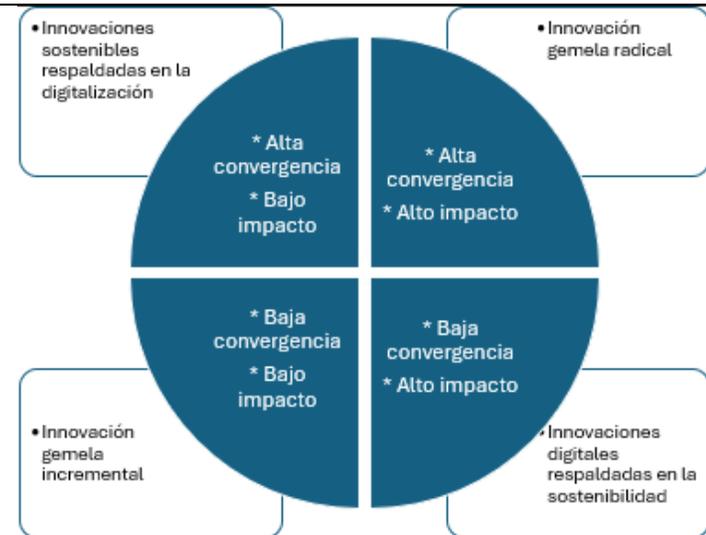


Figura 7. Tipología de las tecnologías con potencial de producir innovaciones transformativas. Fuente: Elaboración de los autores basada en Mäkitie et al (2023).

Capacidades de invención

Fueron medidas en términos de patentes en tecnologías verdes y digitales registradas entre 2000 y 2023 por inventores domiciliados en Medellín¹. Las tecnologías fueron representadas en forma de red para evaluar su convergencia en el desarrollo de invenciones. Como resultado, se identificaron clústeres de tecnologías verdes, digitales y gemelas que potencialmente pueden impulsar la formación de nichos transformativos. También se identificaron las organizaciones asociadas a las invenciones, su naturaleza, su localización y el tipo de tecnología (verde o digital) al que están asociadas.

Capacidades de investigación

Fueron medidas en términos la producción científica y tecnológica de autores de Medellín reportada en OpenAlex. Para su análisis, fue elaborada una red de tópicos disciplinares de OpenAlex asociados semánticamente con las tecnologías verdes y digitales definidas anteriormente. En esta red, también fueron identificados clústeres de tecnologías verdes, digitales y gemelas con potencial de impulsar nichos transformativos en la ciudad. Para estas capacidades también se identificaron las organizaciones que afilian institucionalmente a los autores, distinguiéndolas según su naturaleza, localización y el tipo de tecnología (verde o digital) al que están asociadas.

Capacidades productivas

Para analizar las capacidades productivas direccionadas a la sostenibilidad, fue utilizado un directorio con cerca de dos mil empresas de Medellín, de las cuales poco más de la mitad contaba con página web accesible con información sobre la empresa, su misión y visión. Para estas empresas fue caracterizada su afinidad semántica con las tecnologías verdes y digitales. Mediante un análisis de componentes principales (PCA) basado en la distancia semántica entre cada empresa y cada tecnología, se identificaron tres clústeres empresariales diferenciados por su compromiso con las transiciones gemelas. También se identificaron las tecnologías verdes y digitales que hacen parte de las capacidades productivas de Medellín, lo que permitió analizar la coocurrencia de temas tecnológicos presentes tanto en las capacidades productivas de Medellín como en sus capacidades de invención e investigación.

¹El término “Medellín”, como alcance geográfico de las capacidades de invención, investigación y producción, hace referencia en este documento al territorio conformado por el Distrito de Medellín, los otros municipios del Área Metropolitana del Valle de Aburrá y el municipio de Rionegro.

IMPLICACIONES DE POLÍTICA

La política distrital de CTI cuenta con una base significativa de capacidades de invención, investigación y producción para formar nichos sociotécnicos de transiciones gemelas. De esta manera, la ciudad puede potenciar los resultados ya logrados mediante políticas que han impulsado las tecnologías verdes y digitales con una direccionalidad hacia la sostenibilidad.

En el conjunto de estas capacidades, resaltan las capacidades de investigación, por la diversidad de tecnologías cubiertas y la importante presencia de universidades con domicilio en la ciudad y presencia regional y nacional. La política distrital puede fortalecer estas organizaciones y otras dedicadas a la investigación científica y el desarrollo tecnológico, así como su inserción en redes de investigación e innovación de carácter regional-nacional (sobre todo para las tecnologías verdes) y global (para las tecnologías digitales).

Tanto las capacidades de invención como de investigación existentes en Medellín se pueden aprovechar para impulsar las transiciones gemelas en la ciudad, lo que implica una toma de decisiones por parte del Distrito y un compromiso con el fortalecimiento de nichos de interés mediante, por ejemplo, una estrategia de gestión de nichos.

El compromiso de la política distrital con el fortalecimiento de nichos transformativos debe considerar el desarrollo de los clústeres tecnológicos que potencialmente pueden asociarse a tales nichos; este desarrollo implica el fortalecimiento de redes de innovación, principalmente a nivel nacional para aquellos clústeres en que predominan las tecnologías verdes, y a nivel global para aquellos en que predominan las tecnologías digitales.

Para el fortalecimiento de las capacidades de invención, la política distrital debe hacer un especial énfasis en la vinculación de las empresas a las redes de innovación, para equilibrar la presencia de empresas de Medellín con la de universidades locales y nacionales y empresas extranjeras.

En particular, el fortalecimiento de redes de innovación en tecnologías verdes, que tienden a orientarse hacia el aprovechamiento de los recursos naturales de la región (como radiación solar, viento, agua, suelo y biodiversidad), puede apalancarse mediante el desarrollo de tecnologías digitales y su potencial para generar mejoras. Sin embargo, estos procesos de mejora pueden favorecer los regímenes sociotécnicos en vez de promover el desarrollo de nichos transformativos. En este sentido, una política de innovación transformativa podría orientarse a fomentar experimentos que busquen el desarrollo de nichos sociotécnicos a partir de la convergencia de tecnologías verdes y digitales que aprovechen las capacidades existentes en la ciudad, las que puede apalancarse en la generación de circularidad en el uso de recursos.

El fortalecimiento de redes es todavía más necesario y pertinente, en tanto que en ellas se verían involucradas las universidades, actores que poseen capacidades de investigación e invención clave para las transiciones gemelas. Para el fortalecimiento de estas redes, Medellín podría aprovechar su larga trayectoria de impulso a la colaboración Universidad - Empresa - Estado desde el Comité creado para el efecto y desde otras instancias de fomento a la colaboración interinstitucional, de sólido arraigo cultural en la región.

Especial atención de la política distrital merecen aquellos clústeres tecnológicos que tienen el potencial de apalancar innovaciones gemelas radicales, como lo son el clúster de Tratamiento y circularidad de desechos de construcción y el clúster de Ingeniería clínica. Las capacidades de invención e investigación que la ciudad tiene en estos clústeres podrían ser de interés estratégico para fortalecer las iniciativas de Medellín Ciudad Clúster que se concretan en el Clúster de Hábitat Sostenible y el Clúster de Medellín Health City (Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia, 2024).

Los clústeres tecnológicos con el potencial de producir innovaciones digitales respaldadas en la sostenibilidad e innovaciones sostenibles respaldadas en la digitalización remiten a capacidades de investigación e invención que también son valiosas para la ciudad. Si bien es cierto que su potencial de innovación está más asociado a innovaciones incrementales, es algo que, eventualmente es susceptible de reorientación hacia innovaciones radicales. Esto por cuanto la radicalidad de una innovación depende de circunstancias del contexto, de las actividades de los agentes y de sus prioridades, las cuales, en principio, pueden ser gestionadas, algo hacia lo cual la política distrital puede contribuir a reorientar los esfuerzos regionales.

REFERENCIAS

Cámara de Comercio de Medellín para Antioquia (2024). Cluster y competitividad. Recuperado de: <https://www.camaramedellin.com.co/comunidad-cluster> Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2024.

Chaturvedi, S., Prytkova, E., Ciarli, T., & Nomales, Ö. (2023). What is the Future of Automation? Using Semantic Analysis to Identify Emerging Technologies. Pillars - Pathways to Inclusive Labour Markets - Report. Recuperado de: <https://www.h2020-pillars.eu/node/1174> Fecha: 23 de septiembre de 2024.

Mäkitie, T., Hanson, J., Damman, S., & Wardeberg, M. (2023). Digital innovation's contribution to sustainability transitions. *Technology in Society*, Volume 73, ISSN 0160-791X, <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2023.102255>.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Sistemas Sociotécnicos:

Las normas, rutinas y estándares (reglas) de un sistema se expresan en los sistemas sociotécnicos. Un sistema de este tipo es una configuración de actores (sus conocimientos, habilidades), tecnologías (productos, infraestructuras) e instituciones (regulaciones, símbolos culturales, mercados) para cumplir una determinada función social (movilidad; o movilidad interior; movilidad urbana). Ejemplo: El sistema sociotécnico de electricidad distribuida por la red incluye las centrales eléctricas, el cableado de energía eléctrica, el cableado seguro de los edificios de nueva construcción y la existencia de acuerdos públicos o privados para generar y distribuir energía eléctrica. Los mercados son: el uso de la electricidad en los hogares o negocios con fines de iluminación, calefacción, motores o alimentación de dispositivos electrónicos. Se trata de un gran sistema con muchas características sociales y técnicas diferentes. Tiene más de un siglo de antigüedad y, aunque no es universal, alrededor del 85% de la población humana participa en este sistema. En términos de relaciones entre las personas, un gran número de personas participan en este sistema como consumidores que utilizan una miríada de tecnologías eléctricas, mientras que un número mucho menor de personas son responsables de la generación y distribución de energía eléctrica.

Nichos transformativos:

Los nichos transformativos son espacios protectores donde diferentes ideas, modelos, configuraciones y formas de hacer, intentan sobrevivir y desarrollarse. Los nichos presentan configuraciones cuyas características son diferentes a las del sistema sociotécnico: pueden trabajar con principios diferentes; puede utilizar diferentes tecnologías; presentar diferentes relaciones entre los grupos de interés; o pueden privilegiar diferentes fuentes de conocimiento y culturas alternativas.