

# Proximidades para el desarrollo en Ciencia, Tecnología e Innovación de la región Sonora-Arizona

## Proximities for the development of Science, Technology and Innovation in the Sonora-Arizona region

*Diana Figueroa-Egurrola<sup>1</sup> y Pablo Wong-González<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Programa de Doctorado en Desarrollo Regional. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., México-Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46, Colonia La Victoria. Hermosillo, Sonora, C. P. 83304, México. Correo electrónico: dfigueroa422@estudiantes.ciad.mx. ORCID: 0009-0005-2527-7860.

<sup>2</sup> Profesor-Investigador Titular. Coordinación de Desarrollo Regional. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C., México. Carretera Gustavo Enrique Astiazarán Rosas No. 46, Colonia La Victoria. Hermosillo, Sonora, C. P. 83304, México. Correo electrónico: pwong@ciad.mx. ORCID: 0000-0002-3678-1828.

<https://doi.org/10.52906/ind.vii7.62>

### Resumen

La presente investigación se centra en analizar el papel de la proximidad cognitiva, relacional y funcional en los procesos colaborativos de intercambio de conocimientos en el ámbito de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) de la región transfronteriza conformada por Sonora y Arizona. El objetivo principal es proporcionar una comprensión integral de las dinámicas y mecanismos que impulsan el desarrollo regional transfronterizo a partir del concepto de proximidad. Para lograrlo, se busca dimensionar y determinar la naturaleza de las relaciones existentes entre los diferentes tipos de proximidad (relacional, funcional y cognitiva) en la región de Sonora-Arizona. Este estudio forma parte de una investigación doctoral en curso, con la cual se busca contribuir en la generación de datos transfronterizos hacia la creación de un Sistema Regional de Innovación Transfronteriza (SRIT) orientado a CTI entre Sonora y Arizona. La investigación incluye una metodología de investigación cuantitativa, no experimental, transversal de alcance correlacional a partir de un cuestionario con 31 reactivos en escalamiento Likert de 5 puntos. Se aplicó el coeficiente Alfa de Cronbach para comprobar la validez del cuestionario con un resultado de 0.81, considerado fiable. El plan de procesamiento de datos incluye el análisis de correlación de variables y gráficos estadísticos a partir del manejo de datos en Software RStudio. Los resultados indican que existe una creciente proximidad relacional y funcional entre Sonora y Arizona, aunado a la proximidad geográfica que comparten los actores regionales,

que facilitan los procesos de integración regional y la transferencia de conocimiento. Los resultados preliminares indican un potencial significativo para la colaboración, aunque aún se requieren esfuerzos para reducir la brecha en la maduración científica y tecnológica entre los estados. También se destaca la importancia de establecer las condiciones propicias para lograr una transferencia de conocimiento efectiva, aprovechando así las proximidades regionales para un desarrollo exitoso en la competencia global contemporánea.

**Palabras clave:** Desarrollo regional transfronterizo, Proximidad, Ciencia, Tecnología e Innovación.

### Abstract

This research focuses on analyzing the role of cognitive, relational and functional proximity in the collaborative processes of knowledge exchange in the field of Science, Technology and Innovation (STI) in the cross-border region made up of Sonora and Arizona. The main objective is to provide a comprehensive understanding of the dynamics and mechanisms that drive cross-border regional development based on the concept of proximity. To achieve this, we seek to size and determine the nature of the existing relationships between the different types of proximity (relational, functional and cognitive) in the Sonora-Arizona region. This study is part of an ongoing doctoral research, which seeks to contribute to the generation of cross-border data towards the creation of a Regional Cross-border Innovation

System (SRIT) oriented to STI between Sonora and Arizona. The research includes a quantitative, non-experimental, cross-sectional, correlational research methodology based on a questionnaire with 31 items on a 5-point Likert scale. Cronbach's Alpha coefficient was applied to check the validity of the questionnaire with a result of 0.81, considered reliable. The data processing plan includes the correlation analysis of variables and statistical graphs based on data management in RStudio Software. The results indicate that there is a growing relational and functional proximity between Sonora and Arizona, coupled with the geographic proximity shared by regional actors, which facilitate regional integration processes and knowledge transfer. Preliminary results indicate significant potential for collaboration, although efforts are still required to reduce the gap in scientific and technological maturation between states. The importance of establishing conducive conditions to achieve effective knowledge transfer is also highlighted, thus taking advantage of regional proximities for successful development in contemporary global competition.

**Key words:** Regional cross border, development, Proximity, Science, Technology and Innovation.

## Introducción

En años recientes se ha presenciado el fenómeno de reconfiguración de regiones que impacta los procesos económicos, culturales y sociales, a partir del nuevo paradigma orientado al desarrollo de economías basadas en el conocimiento, mismo que surge como consecuencia de factores como los avances tecnológicos, la globalización, el aumento en la valoración del capital intangible, la educación y el capital humano (Sánchez-García, Martínez-Falcó, Marco-Lajara y Pizón, 2023).

Este paradigma busca el bienestar y la modernidad de las sociedades al hacer frente a la producción masiva de bienes y servicios, a partir de la generación, absorción y distribución de conocimiento, con el propósito de mantener a las regiones en la competitividad global (Kutimm, 2016; Sonn, Martin y He, 2019). Los conceptos de ciencia y tecnología, así como las diferentes formas de proximidad, adquieren cada vez mayor relevancia en los estudios y planes de desarrollo regional y son reconocidos por la literatura como un factor que facilita el acceso al conocimiento y favorece el desarrollo de la innova-

ción, la cual precisa de cierto grado de proximidad en todas las dimensiones además de la física-geográfica, para que se produzca una transferencia de conocimiento de manera exitosa (Etzkowitz y Zhou, 2017; Chacana, Geldes y Osorio, 2019). La evidencia empírica destaca la importancia de considerar diversas formas de proximidad en el contexto de la colaboración y la innovación regional, subrayando la necesidad de adaptar las distintas formas de proximidad según las circunstancias y objetivos específicos de cada caso (Lalrindiki y O’Gorman, 2021; Wojnicka-Sycz, Kaczyński y Sycz, 2020).

En el contexto particular de la región Sonora-Arizona, la cercanía geográfica ha engendrado una serie de conexiones y dinámicas que ejercen influencia en diversos ámbitos, tales como el comercio, la migración, la seguridad y el medio ambiente. Estos factores están destinados a impulsar la capacidad científica, tecnológica e innovadora de la región con miras a fomentar su desarrollo regional. Sin embargo, todavía existen desafíos pendientes que requieren ser abordados para consolidar la región como un sistema regional de innovación o un centro de conocimiento de gran relevancia. A partir de ello surge la interrogante sobre ¿Qué tipo de “proximidades” en CTI condicionan mayormente la conformación de un SRIT entre Sonora y Arizona?.

A continuación, se expondrán los fundamentos teóricos que respaldan esta investigación y que guían el desarrollo de la metodología que se expone posteriormente, finalmente se presentan los resultados y las conclusiones obtenidas.

## Desarrollo regional y proximidades regionales

El desarrollo regional es un proceso de transformación que abarca aspectos socioeconómicos, medioambientales y estructurales. Su objetivo primordial radica en la mejora del bienestar de la población en un territorio específico y la reducción de las disparidades sociales y económicas (Vargas-Hernandez, 2008). Además, este proceso implica el fomento del desarrollo de las capacidades y oportunidades en ámbitos productivos, socioculturales y políticos de la sociedad (Olmos, 2014). En esencia, el desarrollo regional aspira a estimular el crecimiento socioeconómico y tecnológico en una región determinada.

En los estudios regionales más recientes, se ha adoptado un enfoque basado en las proximidades para analizar la organización de las redes de colaboración en los procesos de aprendizaje e innovación con el fin de caracterizar el conjunto de desacuerdos y formas de coordinación que deben tenerse en cuenta al fomentar las conexiones entre los actores regionales que buscan un desarrollo conjunto (Boschma, 2005). Es decir, la medición de los vínculos regionales se basa en el concepto de proximidad. Mediante este concepto, se evalúa el grado de integración de una región, así como las posibilidades y obstáculos que influyen en las interacciones transfronterizas de conocimiento (Boschma, 2005; Lundquist y Trippel, 2013; Makkonen y Rhode, 2016).

Las dimensiones de proximidad han generado debates sobre cómo ciertas expresiones de esta cercanía pueden impulsar la innovación al involucrar una alta complementariedad entre los actores regionales. Esto lleva al reconocimiento del potencial de la proximidad transfronteriza para fomentar la innovación. Existen diferentes formas de categorizar las proximidades para su mayor comprensión: proximidad cognitiva, organizacional, social, institucional, geográfica (Boschma, 2005); así como proximidad relacional y funcional (Coenen, Moodysson, Asheim, y Jonsson 2003). En este estudio particular se abordan tres tipos de proximidad regional: cognitiva, relacional y funcional.

La proximidad cognitiva se describe como un medio de interacción para actores sociales que comparten experiencias y una base de conocimientos común. Su relevancia radica en su capacidad de absorber, identificar, interpretar, explotar y transferir conocimientos (Boschma, 2005). Este tipo de proximidad se enfoca en las formas de pensamiento compartidas, antecedentes educativos, requisitos técnicos/tecnológicos (TIC, software, etc.), así como conocimientos y experiencias similares (Heringa, Horlings, van der Zouwen, Van Den Besselaar y Van Vierssen, 2014; Lundquist y Trippel, 2013; Moodysson y Jonsson, 2007). Cabe destacar que esta forma de proximidad está estrechamente vinculada a la proximidad tecnológica.

La relación entre la proximidad relacional y la social juega un papel crucial en la formación de lazos que benefician el aprendizaje colectivo y el rendimiento innovador. Según Boschma (2005), estos lazos, forjados a través de la cercanía en el conocimiento, se fortalecen gracias a las interacciones sociales, las

cuales facilitan un intercambio más rico y diverso de ideas. Por otro lado, aunque la proximidad relacional a menudo se presenta junto con la funcional, Coenen, Moodysson, Asheim y Jonsson (2003) advierten que esta coexistencia no necesariamente señala una relación de causalidad. Es decir, mientras que la proximidad funcional puede apoyar y reforzar los vínculos relacionales, su presencia no es un requisito indispensable para que estos últimos se desarrollen.

En tanto la proximidad funcional se refiere a la trascendencia que tiene la coordinación práctica de los actores económicos que interactúan; depende de construcciones sociales como la infraestructura de transporte y los medios de comunicación (Torre & Gilly, 2000). Esta proximidad aborda la facilidad de cruce fronterizo en términos de tiempos de viaje, costos de viaje y trámites fronterizos/aduanas y restricciones (Knoben & Oerlemans, 2006; Lundquist y Trippel, 2013) para la cooperación y el desarrollo de innovación.

## Evidencia empírica de estudios previos

Con sustento en los hallazgos de varios autores sobre proximidades regionales, se ha constatado que éstas van más allá de únicamente la ubicación geográfica. En diversas investigaciones se destaca la importancia de factores como la proximidad social, cognitiva y organizacional para impulsar la colaboración y la innovación en las regiones (Coenen, Moodysson, Asheim y Jonsson, 2003; Lalrindiki y O’Gorman, 2021).

En el contexto de la economía basada en el conocimiento, las especializaciones regionales inteligentes, que se enfocan en áreas donde una región tiene ventajas competitivas, impulsan la innovación, el crecimiento económico y la creación de empleo (Wojnicka-Sycz, Kaczyński y Sycz, 2020). Así mismo en la cooperación transfronteriza para el desarrollo de la innovación, se reconoce la importancia de valorar diversos tipos de proximidad, como la física, funcional y relacional (Makkonen y Williams, 2018). Esto resalta la flexibilidad en la elección de las formas de proximidad más adecuadas para el desarrollo regional a través de la innovación. En el desarrollo de sistemas regionales de innovación transfronteriza, la combinación de diferentes formas de proximidad varía según las circunstancias y objetivos de cada

colaboración (Lundquist y Trippel, 2013). La clave es identificar y aprovechar las proximidades más relevantes y efectivas en cada contexto.

## Región Sonora-Arizona

La región conformada por los estados de Sonora y Arizona, es una de las regiones más importantes de la frontera internacional entre México y Estados Unidos. Ambos estados están conectados por varios puntos de paso y cruce transfronterizo. La región es económica y socialmente relevante por su dinamismo y potencial para la innovación a partir de los vínculos generados, aún cuando existen diferencias en cuanto a territorio, demografía y economía (Delgado-Saldivar y Wong-González, 2020).

De acuerdo con Wong-González (2005) los inicios de la relación y colaboración hacia el desarrollo que se genera en la región de Sonora-Arizona, se remontan al surgimiento de las misiones en el siglo XVII, y la comercialización de materias primas como ganado, agricultura y minería, que posteriormente, dieron origen a nuevos flujos comerciales en la región. Los estados que eran parte del mismo territorio hasta la firma del tratado de Guadalupe en 1848, han trabajado conjuntamente a lo largo de la historia para

reforzar su complementariedad hacia la integración en el desarrollo de diversos ámbitos que incluyen los rubros de ciencia, tecnología e innovación, a pesar de los desafíos que surgen a partir de la delimitación fronteriza como lo son el control migratorio, la seguridad fronteriza y la gestión de los recursos naturales compartidos. Sonora y Arizona coexisten en un estado dual de colaboración y disputa, lo cual ha generado un marco de integración e interdependencia desigual, resultando en espacios y acciones de complementariedad económica, social y ambiental (Wong-González, 2013).

Se han realizado diversos esfuerzos para impulsar el desarrollo a través de la colaboración regional. Uno de los ejemplos más destacados es la Comisión Sonora-Arizona, un organismo binacional que opera en áreas estratégicas como la sustentabilidad, la calidad de vida, la competitividad y la seguridad. Su misión es fortalecer las relaciones socioeconómicas entre los estados y proyectar la región a nivel internacional (Oficina del Ejecutivo del Estado, 2022). Además, la Visión Estratégica de Desarrollo Económico de la Región Sonora-Arizona (VEDERSA), dónde se planteó construir una región económica más integrada (Wong-González, 2005). El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) formalizó una asociación estratégica e

**Figura 1.** Mapa de la región Sonora-Arizona



Fuente: Gibson, Pavlakovich-kochi, Wong-González y Wright (2016).



integración con una lógica supranacional entre los países norteamericanos. El proyecto Merga Región Sonora-Arizona tiene como objetivo unir fuerzas, aumentar la competitividad y fomentar el crecimiento económico de los estados de Sonora y Arizona en los mercados globales (Oficina de Enlace y Cooperación Internacional, OFECI, 2016). Además, se encuentra la Alianza Interuniversitaria Sonora-Arizona (AISA), que aborda desafíos y oportunidades de desarrollo en ambos estados (CIAD, 2018), promoviendo el conocimiento, la educación y la innovación para impulsar la creación de un sistema regional de innovación transfronterizo (Delgado-Saldivar y Wong-González, 2020). Recientemente, ha surgido el concepto del “Sun Corridor” o “Corredor del Sol”, que considera a los estados como una mega-región transfronteriza Arizona-Sonora, centrando la atención en inversiones y políticas (Gibson, Pavlakovich-Kochi, Wong y Wright, 2016). En la actualidad, la región continúa trabajando en la complementariedad y potencialización de su capacidad científica, tecnológica y de innovación a partir del desarrollo de clusters transfronterizos, alianzas estratégicas interempresariales, atracción de industrias de alta productividad y la potencialización de corredores de transporte, comerciales y económicos (Wong-González, 2005; Delgado-Saldivar y Wong-González 2020).

En un panorama general y con la evidencia existente, las proximidades cognitiva, relacional y funcional entre los estados de Sonora y Arizona, se caracterizan por la interacción y colaboración en ámbitos como el comercio, la investigación, la academia y la cooperación gubernamental hacia la integración y desarrollo regional. Esto da pauta para estudiar con mayor énfasis estas proximidades regionales y motivar el desarrollo en ciencia, tecnología e innovación de la región.

## Métodología

La investigación se sitúa en el diseño de un enfoque cuantitativo no experimental de naturaleza transversal y alcance correlacional. Este alcance evalúa la relación o grado de asociación que existe entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto específico, según Hernández (2018). El propósito de este estudio es dimensionar y determinar la naturaleza de las relaciones entre los distintos tipos de proximidades (relacional, funcional y cognitiva) en el sector de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI)

en la región de Sonora-Arizona.

Se utilizó un cuestionario, que avalan estudios previos realizados por autores como Makkonen y Williams (2017) Wasiluk y Saadatyar (2020) ksmi (2021), Lalrindiki y O’Gorman (2021), Sánchez-García, Marco-Lajara, Martínez-Falcó y Poveda-Pareja (2023), quienes han demostrado la efectividad para dimensionar el fenómeno de las proximidades regionales en la cooperación e innovación transfronteriza. Los cuestionarios, como los define Bravo (1994), ayudan a la obtención de datos sociológicos a partir de la interrogación de los miembros de la sociedad; cumplen la función de enlace entre los objetivos de la investigación y la realidad de la población encuestada de manera sistemática y ordenada. Esta información puede ser presentada por la población observada a partir de hechos, opiniones, actitudes, motivaciones y cogniciones.

Las preguntas incluidas en el cuestionario, están asociadas con categorías empíricas de análisis, específicamente relacionadas con las variables establecidas (cognitiva, relacional y funcional). Además, los ítems o preguntas se presentan en un formato cerrado, lo que significa que contienen opciones de respuesta previamente definidas, lo cual facilita la codificación y el análisis de los datos. Este formato también reduce la carga de respuesta para los encuestados (Hernández, 2018). Las preguntas contenidas en el cuestionario corresponden a cada una de las 31 variables establecidas (Ver anexo).

El cuestionario se llevó a cabo a través de la plataforma de google forms. Esta plataforma permite crear cuestionarios, encuestas y formularios en línea. Se caracteriza por su facilidad de uso, disponibilidad gratuita y funcionalidades avanzadas que la convierten en una opción popular para la recopilación de datos en una variedad de contextos, incluyendo investigaciones académicas. Los ítems, reactivos o preguntas del cuestionario se desarrollaron en inglés y español utilizando algunos de los ítems propuestos por Makkonen y Williams (2017) para sectores relacionados con CTI, así como reactivos elaborados a partir de información recabada en la revisión sistematizada de otros estudios previos. El escalamiento de respuestas se realizó de 1 a 5 puntos indicando 1 como totalmente en desacuerdo y 5 como totalmente de acuerdo.

Para verificar la validez del cuestionario, se ha propuesto evaluar su confiabilidad a través del coeficiente Alfa de Cronbach. Este índice se utiliza

para medir la consistencia interna y la confiabilidad de una escala, evaluando la magnitud en la que los ítems del instrumento están correlacionados (Oviedo y Campo, 2005).

$$\alpha = (n / n-1) (1 - \sum Vi / VT)$$

En este caso;

$\alpha$  = coeficiente de confiabilidad

$n$  se refiere al número de ítems de la escala = 31

$V_i$  se refiere a la varianza asociada con cada ítem = 36.31

$VT$  se refiere a la varianza total de la escala = 174.95

$$\alpha = 31 / (31-1) * (1 - 36.31 / 174.96)$$

$$\alpha = 0.818$$

El valor mínimo aceptable para el coeficiente alfa de Cronbach es 0,70; por debajo de ese valor la consistencia interna de la escala utilizada es baja. Por su parte, el valor máximo esperado es 0.90; por encima de este valor se considera que hay redundancia o duplicación. Usualmente, se prefieren valores de alfa entre 0.80 y 0.90 (Oviedo y Campo, 2005). El resultado obtenido fue de 0.81 lo cual indica una buena confiabilidad del instrumento.

## Muestreo tipo muestra y participantes

Se optó por un enfoque de muestreo probabilístico por racimos o conglomerados debido a que las unidades de interés se hallan agrupadas en ubicaciones físicas o geográficas específicas, como universidades, centros de investigación y empresas vinculadas al sector de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI). De acuerdo con Quevedo (2013), se destaca que en el marco de la economía basada en el conocimiento, los centros de investigación y las universidades desempeñan un papel fundamental en la generación de nuevo conocimiento. Esto se realiza en colaboración con otras organizaciones, empresas y entidades sin fines de lucro que adaptan dicho conocimiento a necesidades locales, creando valor e incluso generando nuevo conocimiento.

Por esta razón, se consideró esencial incluir a participantes que fueran estudiantes, docentes o investiga-

dores pertenecientes a instituciones universitarias, centros de investigación o empresas relacionadas, ya que estos participantes están intrínsecamente relacionados con dinámicas de aprendizaje colectivo orientadas a la innovación. Los clusters de CTI asociados a instituciones universitarias representan un fenómeno novedoso, especialmente en países en desarrollo. Por lo tanto, su estudio adquiere relevancia para comprender sus características específicas y contribuir al diseño de políticas que fomenten su desarrollo (Lavarello y Robert, 2017).

## Ejecución por fases

Con base en las fases de implementación de metodología por Hernández (2018), Lafuente y Marín (2008), se procede con la siguiente ruta para la aplicación del instrumento:

Fase 1. Consistió en aplicar el instrumento a una muestra pequeña que asegure su pertinencia y eficacia, condiciones de aplicación y procedimientos que se involucran.

Fase 2. A partir de la prueba inicial se calculó la confiabilidad y validez del instrumento

Fase 3. Se utilizó el software de procesamiento de datos Rstudio en el análisis estadístico que facilitó presentar, resumir, describir y comparar los datos numéricos. Para ello se propuso una matriz de correlación de las variables (ítems) para comprender cómo se relacionan entre sí y si existe una asociación positiva o negativa entre ellas. Los valores de la matriz de correlación varían entre -1 y 1, donde -1 indica una correlación negativa perfecta, por el contrario 1 indica una correlación positiva perfecta y 0 indica que no hay una correlación lineal entre las variables. Posteriormente se utiliza la técnica de regresión simple a partir de una variable independiente y 3 variables dependientes

Con las técnicas de regresión podemos definir la estructura de dependencia que mejor explique el comportamiento de la variable objetivo a través de todo el conjunto de variables o factores con los que suponemos está relacionada; partiendo del conocimiento teórico que entre éstas, existe una relación de causalidad (Lafuente y Marín, 2008). Por último, en la fase 4 se realiza el análisis de los resultados.

## Resultados

El estudio se realizó durante la última semana de abril y la primera semana de mayo de 2023, con la participación de un total de 42 individuos. El análisis estadístico facilitó la evaluación de las tres variables propuestas, comenzando con la construcción de una matriz de correlación.

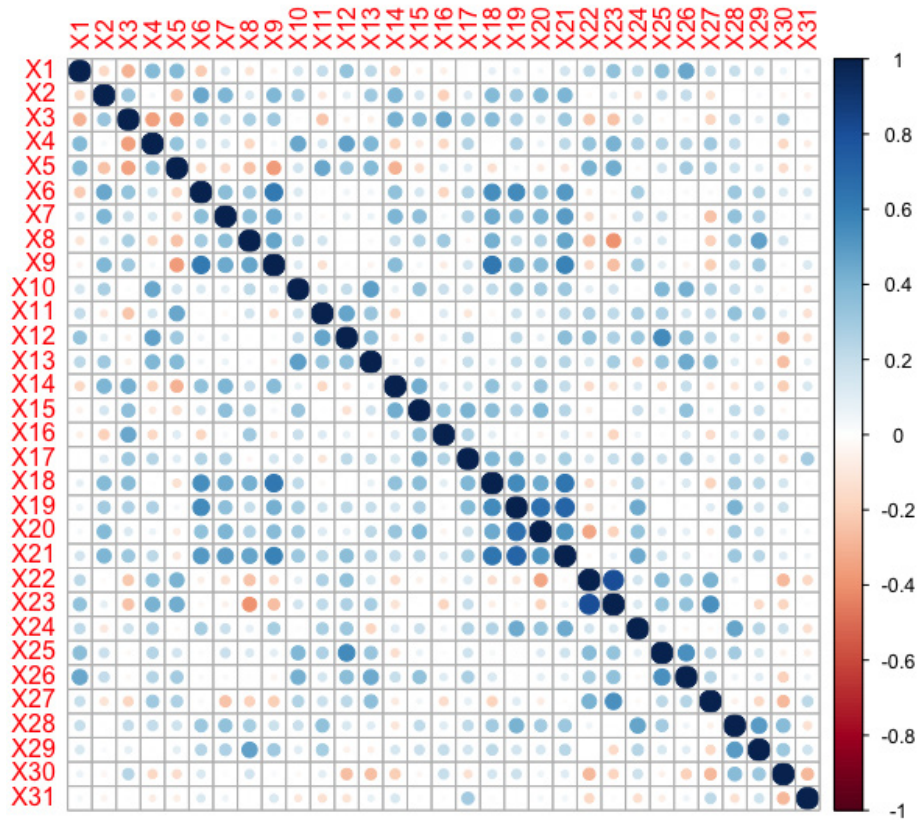
El coeficiente de correlación es calculado a través de:

$$r_{ik} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ji} - \bar{x}_j)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_{ik} - \bar{x}_k)^2}}$$

La matriz de correlación a partir de los reactivos del cuestionario, como se observa en la Figura 1, se representa a partir de círculos de color rojo y azul y una serie de tonos entre mayor y menor intensidad entre ellos. El color rojo intenso representa los valores que más se acerquen a -1, es decir, el par de variables que menos se correlacionan, mientras que el color azul intenso representa los valores que se acerquen a 1, es decir, el par de variables que mejor se correlacionan.

Lo que nos permite este gráfico es detectar las variables que tienen mayor correlación entre sí para posteriormente hacer un modelo de regresión lineal simple a partir de una variable dependiente y de una variable independiente. Si bien, podemos observar como existe muy buena correlación entre variables como X9 y X6 (sentido de pertenencia regional para el desarrollo en conjunto basado en conocimiento y congruencia entre cercanía geográfica y cercanía social (confianza y compromiso)); X9 y X18 (sentido de pertenencia regional para el desarrollo en conjunto basado en conocimiento y cooperación y sistematización para el desarrollo científico y tecnológico) y X19 y X22 (sinergia entre universidades, centros de investigación e industria para el desarrollo en CTI y brecha educacional entre Sonora y Arizona), también podemos visualizar como existen variables que no tienen correlación, tal es el caso de X3 y X4 (articulación entre actores regionales del sector CTI, políticas regionales de desarrollo y limitaciones por las diferencias en organización social para la innovación); X5 y X9 (problemas de confianza para el desarrollo regional orientado a CTI y sentido de

**Figura 1.** Matriz de correlación de cuestionario (método Pearson)



Fuente: Elaboración propia.



pertenencia regional para el desarrollo en conjunto basado en conocimiento) y X8 y X23 (relaciones de cooperación e intercambio de información para el desarrollo en CTI y asimetría en conocimiento científico-tecnológico). En este caso particular, se tomó como variable independiente o explicativa X10, que representa el potencial regional para la conformación de un SRIT orientado a CTI; como variables dependientes o explicadas se seleccionaron X4 como variable de la categoría de proximidad relacional y que evalúa las limitaciones por las diferencias en organización social para la innovación, X13 como variable de la categoría de proximidad funcional, que se representa las restricciones fronterizas como problema para el desarrollo en CTI y X26 como variable de la categoría de la proximidad cognitiva, que corresponde al desarrollo en CTI como facilitador de competitividad regional. Lo que se busca explicar es la conexión entre las variables que se están analizando (X4, X13, X26) en relación con el potencial regional en la formación del Sistema Regional de Innovación Transfronteriza (SRIT) centrado en Ciencia, Tecnología e Innovación (X10). Para lograr este entendimiento, es esencial llevar a cabo tres modelos de regresión lineal simple, uno para cada una de las variables que se consideran como variables explicadas o dependientes en el estudio. En otras palabras, se está buscando establecer cómo las variables que están siendo estudiadas influyen

en el potencial regional que puede llevar a la creación del SRIT en el ámbito de CTI. La ejecución de tres modelos de regresión lineal simple permitirá explorar y cuantificar estas relaciones unívocas para cada variable dependiente.

Se prosiguió con la comparación de la suma de los errores cuadrados (SSE)<sub>m</sub> para la construcción del intervalo de confianza (Figura 2), que representa la desviación estándar de los errores de predicción para X4, X13 y X26, que es definida de la siguiente manera:  $SSE = N \sum_{i=1}^n (x_i - \hat{x}_i)^2$ . Posteriormente se procedió a obtener el coeficiente de los modelos de estimación para las tres variables.

Coeficientes de modelos de estimación para las 3 variables

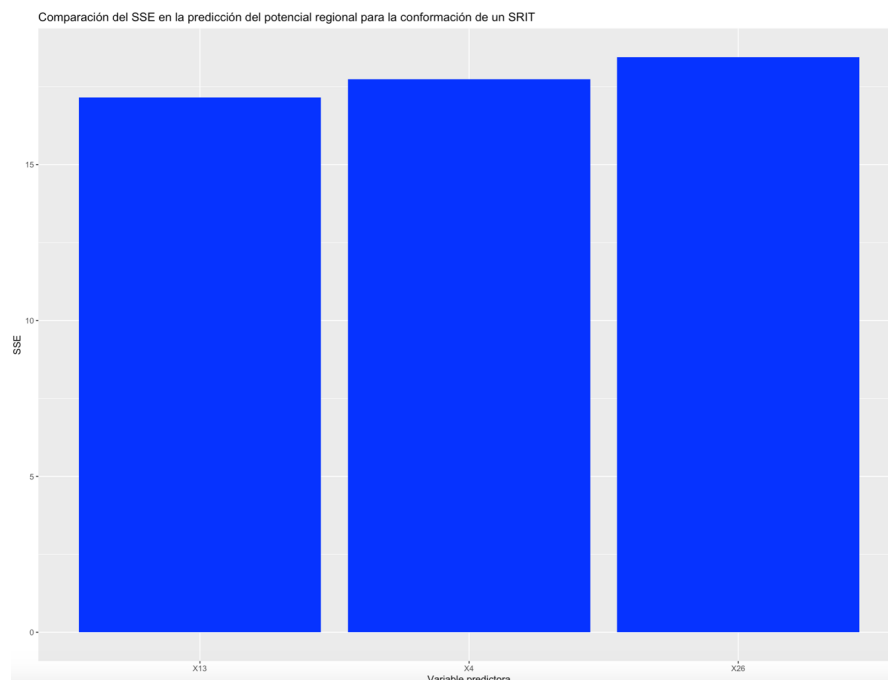
$$X_{10} = 3.5054705 + 0.2949672 (X_4)$$

$$X_{10} = 3.5024438 + 0.2697947 (X_{13})$$

$$X_{10} = 3.0571429 + 0.3666667 (X_{26})$$

Después se efectuaron los modelos de regresión lineal simple que explica la relación lineal entre dos variables, para la predicción del potencial del desarrollo de un SRIT a partir de las variables X4, X13, X23 como se puede observar en las figuras 3, 4 y 5.

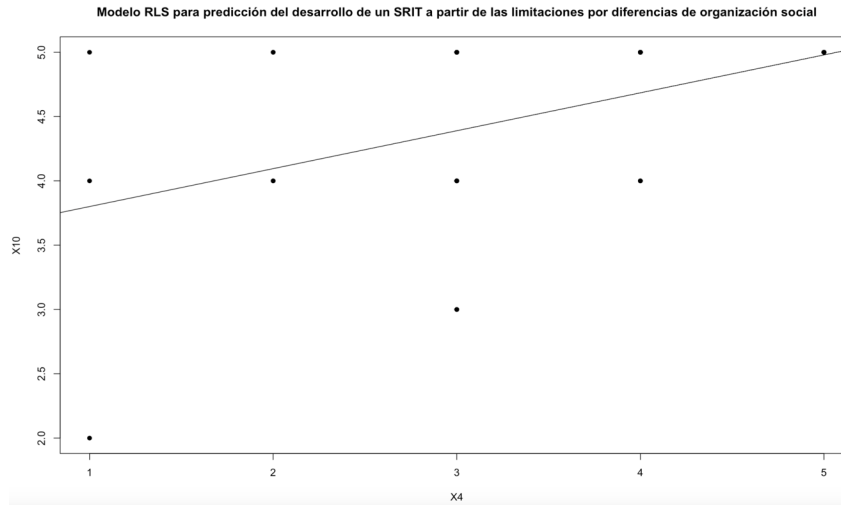
**Figura 2.** Comparación SSE



Fuente: Elaboración propia

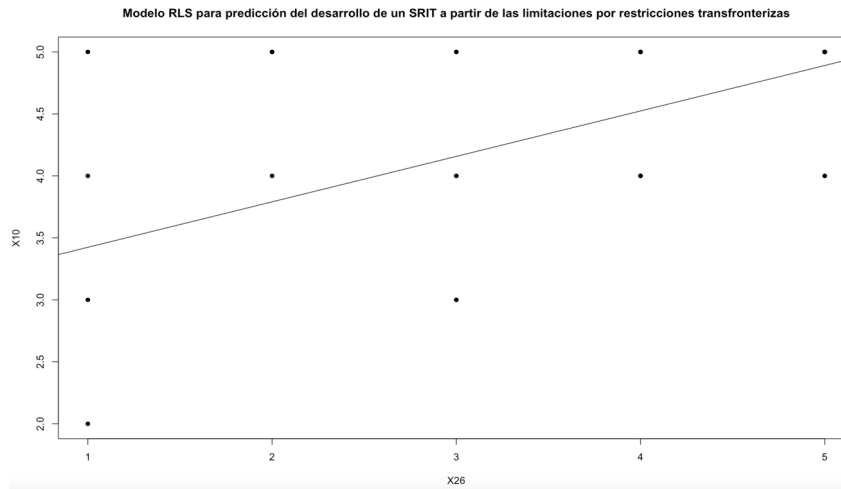


**Figura 3** Modelo RLS con variable de proximidad relacional



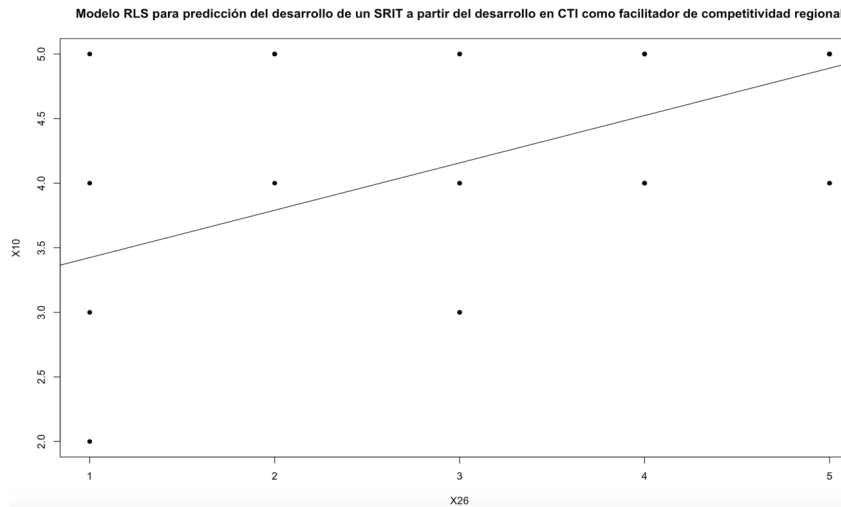
Fuente: elaboración propia

**Figura 4** Modelo RLS con variable de proximidad funcional



Fuente: Elaboración propia

**Figura 5** Modelo RLS con variable de proximidad cognitiva



Fuente: Elaboración propia

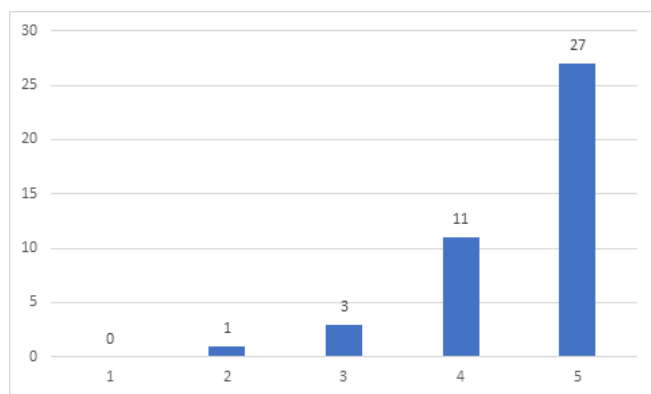
**Tabla 1.** Estadísticas de la regresión a partir de la variable independiente X10 y variables dependientes X4, X13 y X26

Estadísticas de la regresión	X4	X13	X26
Coefficiente de correlación múltiple	0.45891346	0.48645861	0.42361439
Coefficiente de determinación R <sup>2</sup>	0.21060157	0.23664198	0.17944915
R <sup>2</sup> ajustado	0.19086666	0.21755803	0.15893538
Error típico	1.03618331	1.18088591	0.78448272
Observaciones	42	42	42

Fuente: Elaboración propia.

Según la escala del coeficiente de correlación, los resultados indican una relación positiva moderada entre las variables que se están analizando. Sin embargo, es importante recordar que la correlación no implica causalidad. Es decir, el hecho de que dos variables estén correlacionadas no significa necesariamente que una cause la otra; si no que podría haber otros factores involucrados.

**Figura 6.** Potencial regional para la conformación de un SRIT orientado a CTI



Fuente: Elaboración propia.

La figura 6 representa el gráfico de respuesta sobre el potencial regional para la conformación de un SRIT orientado a CTI, en el cual se observa que la mayoría de los participantes están de acuerdo con esta afirmación.

A partir de los datos anteriores y del análisis de gráficos estadísticos del cuestionario, se presenta la reflexión de los resultados para cada una de las proximidades regionales seleccionadas:

### Proximidad relacional

Este tipo de proximidad se localiza en los vínculos y relaciones entre instituciones y empresas mediante

las redes de colaboración que existen entre universidades, organizaciones empresariales, cámaras de comercio y actores gubernamentales de ambos lados de la frontera.

Los participantes consideraron mayoritariamente que existe buena proximidad relacional en la región, indicando que cuestiones como normas, valores y lenguajes de cada estado no representan un limitante para la transferencia de conocimiento en la actualidad, también se considera que existe buena comunicación para los procesos de generación, absorción y distribución de conocimiento y que es necesario mejorar la coordinación entre universidades y políticas regionales para motivar el desarrollo en CTI; así mismo indicaron que las diferentes formas de organización para el desarrollo puede ser una limitante para la innovación, pues éstas deben promover la generación de sinergias de la región tanto en la transferencia de conocimiento como en el intercambio comercial.

### Proximidad funcional

A partir del punto de vista de los participantes, se pudo determinar que existe buena complementariedad y colaboración entre los actores regionales, pues cada uno de ellos desempeña un rol específico en la cadena de suministro y en sectores como la manufactura, agricultura y turismo. Aunque exista una interdependencia en la cual empresas de ambos lados de la frontera se benefician mutuamente a partir de las colaboraciones comerciales y productivas, las restricciones fronterizas para la transferencia de conocimiento para el desarrollo de CTI pudieran representar una limitante para la generación de conocimiento conjunto, esto a pesar de existir una buena infraestructura y accesibilidad en cuanto a distancia, costo y tiempo de traslado entre instituciones generadoras de innovación.

### Proximidad cognitiva

Se concluye que existe una creciente proximidad cognitiva entre Sonora y Arizona, y esto se puede visualizar en términos de conocimientos, tecnologías y capacidades, así como en los recursos educativos, y el trabajo en conjunto entre universidades, instituciones de investigación y centros de innovación que promueven la colaboración y el intercambio de conocimiento en áreas de interés común. Sin em-

bargo, la brecha en el nivel educacional de ambos estados puede ser limitante para la generación y transferencia de conocimiento, por lo que contar con una red de colaboración que permita el acceso a la información para el desarrollo de CTI podría acortar la asimetría en maduración científica y tecnología entre ambos actores y esto representaría una ventaja para el desarrollo de la región.

## Conclusión

Los resultados de este estudio han proporcionado información valiosa sobre las dinámicas regionales de proximidad cognitiva, relacional y funcional. Se ha identificado una tendencia positiva en las relaciones regionales en Ciencia, Tecnología e Innovación en la región Sonora-Arizona. No obstante, persisten desafíos notables, como la necesidad de mejorar la coordinación y superar obstáculos fronterizos, especialmente en lo que respecta a la transferencia de conocimiento y la educación. Estos hallazgos no sólo enriquecen el entendimiento de las dinámicas de proximidad cognitiva, relacional y funcional, sino que también sientan las bases para futuras investigaciones y el diseño de políticas destinadas a promover el desarrollo de CTI en esta región transfronteriza.

Es relevante destacar que, debido a la naturaleza emergente del tema y la escasez de datos transfronterizos en la región Sonora-Arizona, el estudio no debe limitarse únicamente a la aplicación de métodos cuantitativos. Por lo tanto, se propone incorporar un enfoque cualitativo adicional a partir de la realización de entrevistas. Esto permitirá obtener respuestas más contextualizadas y profundizar en otras dimensiones del problema de investigación.

Finalmente, se subraya la importancia de un mejor entendimiento del concepto de proximidad y la evaluación del desempeño de diversas formas de proximidad, más allá de la geográfica, como propuso Hansen (2015), las formas de proximidad no espacial pueden sustituir a la proximidad geográfica, al mismo tiempo que la proximidad geográfica puede favorecer las proximidades no espaciales. El enfoque de proximidad resulta esencial para la creación de un entorno funcional de desarrollo e innovación que guíe los esfuerzos regionales hacia el progreso en Ciencia, Tecnología e Innovación en la región transfronteriza de Sonora y Arizona. Además, se destaca la necesidad de abordar la carencia de datos

transfronterizos para la construcción de indicadores en la región.

## Referencias

- Boschma, R. (2005). Proximity and Innovation: A Critical Assessment. *Regional Studies*, 39 (1), 61-74. <https://doi.org/10.1080/0034340052000320887>
- Bravo, R. S. (1994). Técnicas de investigación social: teoría y ejercicios (Vol. 12). Madrid: Paraninfo.
- Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo CIAD (1 de junio de 2018). Invitan a comunidades académicas del CIAD, UNISON y COLSON a presentar proyectos de investigación sobre Sonora y Arizona. [Comunicado de prensa] <https://www.ciad.mx/invitan-a-comunidades-academicas-del-ciad-unison-y-colson-a-presentar-proyectos-de-investigacion-sobre-sonora-arizona/>
- Coenen, L., Moodysson, J., Asheim, B. T. y Jonsson, O. (2003). The role of proximities for knowledge dynamics in a cross-border region: Biotechnology in Øresund. *DRUID Summer Conference*. Copenhagen June 12-14, 2003. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Lars-Coenen/publication/228847182\\_The\\_role\\_of\\_proximities\\_for\\_knowledge\\_dynamics\\_in\\_a\\_cross\\_border\\_region\\_Biotechnology\\_in\\_Oresund/links/02bfe50cedea9e7247000000/The-role-of-proximities-for-knowledge-dynamics-in-a-cross-border-region-Biotechnology-in-Oresund.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Lars-Coenen/publication/228847182_The_role_of_proximities_for_knowledge_dynamics_in_a_cross_border_region_Biotechnology_in_Oresund/links/02bfe50cedea9e7247000000/The-role-of-proximities-for-knowledge-dynamics-in-a-cross-border-region-Biotechnology-in-Oresund.pdf)
- Delgado-Saldivar, M. A. y Wong-González, P. (2020). La conformación de sistemas regionales de innovación transfronteriza en Europa: lecciones para la Región Sonora-Arizona en la frontera México-Estados Unidos. *Estudios sociales. Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 30(56). <https://doi.org/10.24836/es.v30i56.1028>
- Gibson, L. J., Pavlakovich-Kochi, C., Wong-González, P., Lim, J. y Wright, B. (2016). "Sun Corridor" as a Transborder Mega-Region: Revivifying Economic Development in the Arizona-Sonora Region. *地域学研究*, 46(1), 41-62
- Hansen, T. (2015). Substitution or overlap? The relations between geographical and non-spatial proximity dimensions in collaborative innovation projects. *Regional Studies*, 49(10), 1672-1684.
- Heringa, P. W., Horlings, E., van der Zouwen, M., van den Besselaar, P. y Van Vierssen, W. (2014). How do dimensions of proximity relate to the outcomes of collaboration? A survey of knowledge-intensive networks in the Dutch water sector. *Economics of innovation and new technology*, 23(7), 689-716. <https://doi.org/10.1080/10438599.2014.882139>

- Hernández Sampieri, R. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. McGraw Hill México.
- Kasmi, F. (2021). Industrial symbiosis and territorial development: the cross-fertilization of proximity dynamics and the role of information and knowledge flows. *Journal of the Knowledge Economy*, 12, 342-362.
- Knoben, J. y Oerlemans, L. A. (2006). Proximity and inter-organizational collaboration: A literature review. *international Journal of management reviews*, 8(2), 71-89.
- Kuttim, M. (2016). The role of spatial and non-spatial forms of proximity in knowledge transfer: A case of technical university. *European Journal of Innovation Management*, 19(4), 468-491
- Lafuente Ibáñez, C. y Marín Egoscózábal, A. (2008). Metodologías de la investigación en las ciencias sociales: Fases, fuentes y selección de técnicas. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, (64), 5-18. <https://doi.org/10.21158/01208160.n64.2008.450>
- Lalrindiki, M. y O'Gorman, B. (2021). The role of proximity in developing an inter-regional innovation system. *Triple Helix*, 8(3), 534-577.
- Lavarello, P. J., Minervini, M. y Robert, V. (2017). De las redes de colaboración para la innovación al desarrollo de clusters de ciencia y tecnología. Dos casos de estudio en la Universidad Nacional de San Martín en Argentina. <http://dx.doi.org/10.20396/rbi.v16i2.8650113>
- Lundquist, K. J. y Trippel, M. (2013). Distance, proximity and types of cross-border innovation systems: A conceptual analysis. *Regional studies*, 47(3), 450-460.
- Makkonen, T. y Rohde, S. (2016). Cross-border regional innovation systems: conceptual backgrounds, empirical evidence and policy implications. *European Planning Studies*, 24(9), 1623-1642. <https://doi.org/10.1080/09654313.2016.1184626>.
- Makkonen, T. y Williams, A. M. (2018). Developing survey metrics for analyzing cross-border proximity. *Geografisk Tidsskrift-Danish Journal of Geography*, 118(1), 114-121. <https://doi.org/10.1080/00167223.2017.1405734>
- Moodysson, J. y Jonsson, O. (2007). Knowledge collaboration and proximity: The spatial organization of biotech innovation projects. *European urban and regional studies*, 14(2), 115-131. <https://doi.org/10.1177/0969776407075556>
- Oficina de Enlace y Cooperación Internacional OFECI. (14 de julio de 2016). Memorandum de entendimiento entre el gobierno del estado de Sonora, a través de la Secretaría de Economía y el Gobierno del estado de Arizona, a través la autoridad de comercio de Arizona, para la cooperación de iniciativas destinadas al mejoramiento del activo global y la competitividad de la mega región Sonora-Arizona. Recuperado de: <http://transparencia.esonora.gob.mx/NR/rdonlyres/24206865-6ECF-4231-9BF3-E3D189D88430/195459/MEMORANDUMDEENTENDIMIENTOSONORAARIZONA.pdf>
- Oficina del Ejecutivo del Estado (2022). Comisión Sonora-Arizona. Recuperado de: <https://ofeci.sonora.gob.mx/index.php?op=2&id=23>
- Olmos, R. (2014). El desarrollo económico de las regiones medias de México. *Problemas del desarrollo*, 45(179), 193-195.
- Oviedo, Heidi Celina y Campo-Arias, Adalberto. (2005). Aproximación al uso del coeficiente alfa de Cronbach. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(4), 572-580. Recuperado de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-74502005000400009&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000400009&lng=en&tlng=es).
- Quevedo Flóres, J. A. (2013). La relación Universidad-Empresa en las relaciones Unión Europea-América Latina y el Caribe: Una variable necesaria para el desarrollo económico y social birregional.
- Sánchez-García, E., Martínez-Falcó, J., Marco-Lajara, B. y Pizoñ, J. (2023). Cognitive proximity for innovation: Why matters? an applied analysis. *Plos one*, 18(5), e0283557.
- Sonn, J.W., Martin H. y He W. (2019). "Spaces for creativity? Skills and deskilling in cultural and high-tech industries." *Geoforum*, 99. Pp. 223-226.
- Torre A. y Gilly J. P. (2000) On the analytical dimension of proximity dynamics, *Regional Studies* 34, 169-180.
- Vargas-Hernández, J. G. (2008). Análisis crítico de las teorías del desarrollo económico. *Economía Gestión y Desarrollo*, 6, 109-131.
- Wasiluk, A. y Saadatyar, F. S. (2020). Inter-organizational trust as a statement of social proximity. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 16(3), 77-100.
- Wojnicka-Sycz, E., Kaczyński, M. y Sycz, P. (2020). Innovative ecosystems behind regional smart specializations: The role of social, cognitive and geographical proximity. *Journal of Entrepreneurship, Management and Innovation*, 16(3), 129-166.
- Wong-González, Pablo. (2005). La emergencia de regiones asociativas transfronterizas: Cooperación y conflicto en la región Sonora-Arizona. *Frontera norte*, 17(33), 77-106. Recuperado de: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-73722005000100004&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73722005000100004&lng=es&tlng=es).
- Wong-González, P. (2013). Procesos de defronterización y refronterización en la región frontera México-Estados Unidos. *Interdependencia, cooperación y gobernanza en regiones transfronterizas*, 77-102. Recuperado de: <https://colef.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1014/559/2/Interdependencia%20cooperaci%C3%B3n--interiores.pdf#page=77>



## Anexo 1. Variables (ítems) del cuestionario

### Análisis empírico de proximidad relacional

- X1 Diferencias en normal, valores y lenguaje entre Sonora y Arizona
- X2 Capacidad de comprensión y comunicación para el desarrollo basado en conocimiento
- X3 Articulación entre actores regionales del sector CTI y políticas regionales de desarrollo
- X4 Limitaciones por las diferencias en organización social para la innovación
- X5 Problemas de confianza para el desarrollo regional orientado a CTI
- X6 Congruencia entre cercanía geográfica y cercanía social (confianza y compromiso)
- X7 Políticas para reducir tensiones por los diferentes intereses de desarrollo regional
- X8 Relaciones de cooperación e intercambio de información para el desarrollo en CTI
- X9 Sentido de pertenencia regional para el desarrollo en conjunto basado en conocimiento
- X10 Potencial regional para la conformación de un SRIT orientado a CTI

### Análisis empírico de proximidad funcional

- X11 Largos tiempos de viaje entre instituciones y empresas para el desarrollo en CTI
- X12 Costos altos para el traslado entre actores de Sonora y Arizona
- X13 Restricciones fronterizas como problema para el desarrollo en CTI
- X14 Infraestructura y medios adecuados entre actores regionales
- X15 Apoyos interinstitucionales para traslados entre actores regionales
- X16 Apoyos para movilidad estudiantil e intercambios de investigación
- X17 Prioridad de cercanía geográfica sobre otras formas de proximidades regionales
- X18 Cooperación y sistematización para el desarrollo científico y tecnológico

- X19 Sinergia entre universidades, centros de investigación e industria para el desarrollo en CTI
- X20 Condiciones adecuadas para el funcionamiento de ntics para facilitar el desarrollo en CTI
- X21 Cooperación y sistematización para el desarrollo de innovación

### Análisis empírico de proximidad cognitiva

- X22 Brecha educacional entre Sonora y Arizona
- X23 Asimetría en conocimiento científico-tecnológico
- X24 Acceso a información a través de una red de conocimiento compartida
- X25 Trabajo regional conjunto como ventaja para el desarrollo en CTI
- X26 Desarrollo en CTI como facilitador de competitividad regional
- X27 Disociación entre crecimiento económico e inversiones regionales en CTI
- X28 Red de conocimiento entre Sonora y Arizona como impulsora de capacidades regionales
- X29 Prioridad de la complementariedad entre Sonora y Arizona para la generación de innovación
- X30 Relevancia del conocimiento para el desarrollo de CTI entre Sonora y Arizona
- X31 Participación en el sector de CTI