



**CONCYTEC**

CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

**Impactos económicos y de bienestar de  
la inversión en CTI en la economía  
peruana: Basado en un modelo  
computable de equilibrio General**

## **IMPACTOS ECONÓMICOS Y DE BIENESTAR DE LA INVERSIÓN EN CTI EN LA ECONOMÍA PERUANA: Basado en un Modelo Computable de Equilibrio General**

**Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica - CONCYTEC**  
**Supervisor del Estudio – Alfonso Jesús Rodríguez Saldarriaga**  
**Elaborado por Mario D. Tello<sup>1</sup> (ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7929-0116>)**

### **RESUMEN**

Basado en un Modelo Computable de Equilibrio General, MCEG, este trabajo estima los impactos de cambio en la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) sobre la asignación de recursos de la economía peruana, año base 2019. Tres resultados principales se derivan de las estimaciones. Primero, en la medida que las inversiones en las actividades CTI de los sectores productivos de una economía incrementa la productividad total factorial, PTF, de dichos sectores, el PBI real y el bienestar de la economía se incrementará. Si estos incrementos en productividad no ocurriesen no habría efectos y sería un desperdicio de recursos incrementar la inversión en CTI. Segundo, las magnitudes de los impactos del crecimiento y bienestar económico dependen de la importancia relativa en valor real de producción de los sectores cuyas inversiones CTI se incrementan. Cuanto más bajo es la participación del valor real de producción del sector con CTI con respecto a la valor real total de producción de la economía, mucho menor es el efecto en crecimiento y bienestar en la economía. Tercero, los impactos sobre el crecimiento y bienestar de la economía de incrementos en CTI son mayores cuanto mayor es el grado de interrelación o interdependencia que tiene el sector que incrementa la inversión en CTI con el resto de sector. La falta de grados de eslabonamiento, en particular, los de hacia atrás, limitan los impactos de la inversión en CTI sobre la economía.

### **ABSTRACT**

Based on a Computable General Equilibrium Model, MCEG, this work estimates the impacts of changes in investment in science, technology, and innovation (STI) activities on the allocation of resources in the Peruvian economy, base year 2019. Three main results are derived from the estimates. First, to the extent that investments in STI activities in the productive sectors of an economy increase the total factorial productivity, TFP, of said sectors, the real GDP and well-being of the economy will increase. If these increases in productivity did not occur, there would be no effects and it would be a waste of resources to increase investment in STI. Second, the magnitudes of the impacts of economic growth and well-being depend on the relative importance in real production value of the sectors whose STI investments increase. The lower the participation of the real value of production of the sector with STI with respect to the total real value of production of the economy, the much smaller the effect on growth and welfare in the economy. Third, the impacts on the growth and welfare of the economy of increases in STI are greater the greater the degree of interrelation or interdependence that the sector that increases investment in STI has with the rest of the sector. The lack of degrees of linkage, particularly the backward ones, limits the impact of investment in STI on the economy.

---

<sup>1</sup> Profesor e investigador principal de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Este trabajo resume los resultados del proyecto sobre equilibrio general auspiciado por CONCYTEC-OS 0000248. El autor reconoce y agradece las asistencias de Braulio Escobar y Paola Salcedo.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	3
I. REVISIÓN DE LA LITERATURA	3
II. UN MODELO COMPUTABLE DE EQUILIBRIO GENERAL, MCEG, PARA LA ECONOMÍA PERUANA	16
III. SIMULACIONES CON EL MCEG, AÑO BASE 2019.	24
IV. IV. CONCLUSIONES	30
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS	35

## INTRODUCCIÓN

Datos de la UNESCO (2023) muestran que el Perú en el 2019 es uno de los países de América Latina, AL, que tiene una de las tasas más bajas de inversión en actividades CTI por dólar de PBI la cual solo alcanza el 0.13% (menos de un centavo de dólar de PBI). Países asiáticos superan largamente dicha tasa así Corea del Sur alcanza una tasa de 4.13% y China 2.14%. Estados Unidos alcanza una tasa de 2.83%, y Brasil, uno de los países de AL que tiene las tasas más altas alcanzó el 1.16% en el mismo año. A pesar de la extensa literatura (resumida en la siguiente sección) que reconoce la incidencia importante de las actividades CTI en la economía es difícil obtener impactos importantes con tan baja tasa de inversión.

El presente trabajo no sólo demuestra los efectos bajos en magnitud de la inversión en CTI sobre los indicadores económicos y de bienestar de la economía peruana, sino fundamentalmente identifica los principales aspectos que pueden explicar dichos efectos. Para ello, se basa en una extensión de un modelo computable de equilibrio general, MCEG, del autor (Tello 2017b). Así, y a diferencia de regresiones simples o complejas entre la tasa de crecimiento del PBI y la variable de interés de inversión en CTI<sup>2</sup> las cuales no permiten identificar dichos aspectos, el MCEG desarrollado en el presente trabajo si lo permite. La importancia de los MEG en el análisis del desarrollo ha sido notificada por Acemoglu (2010). Las cuatros secciones del trabajo resume la literatura relevante del trabajo, desarrolla un MCEG y sus simulaciones, y finaliza con las conclusiones de las estimaciones realizadas. La lista de referencias se adjunta al final.

## I. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El Cuadro 1 resume una muestra de la extensa literatura de los impactos de las actividades o inversiones en CTI sobre una economía. En cada uno de estos trabajos se lista un sin número de referencias sobre dichos impactos de allí que el Cuadro 1 recoge las ideas principales de los impactos aunque no incluye a todos los aspectos CTI que se han desarrollado en la literatura. Entre otros, los aspectos no incluidos en el cuadro son la selección de la tecnología apropiada que requieren seleccionar las empresas y países (e.g., Basu & Weil 1998 y Rodrik 2022) y los factores que se requieren para lograr el desarrollo y la efectividad de las actividades CTI (e.g., Rosenberg 1972). De los descrito en el Cuadro 1 se rescatan las siguientes principales 'proposiciones teóricas y/o resultados empíricos':

i) A nivel macroeconómico, existen dos teorías básicas de la incidencia de la inversión en CTI sobre la tasa de crecimiento económico (medido por la tasa de variación de un período del PBI real) de la economía. La primera es la teoría neoclásica que afirma que, bajo un escenario de mercado capitalista libre de distorsiones, la tasa de crecimiento del PBI depende del cambio tecnológico generado de manera exógena en los países y que, en la medida que se difunde dicho cambio hacia los países del mundo, las tasas de crecimiento de las

---

<sup>2</sup> Donde el parámetro de dicha variable, en una usual especificación de una ecuación de forma reducida.

economías convergirían a una misma tasa de crecimiento económico. La segunda teoría, la endógena del crecimiento, a diferencia de la primera, argumenta que cada país determina las actividades CTI con diversos factores incluyendo apoyos del sector público. Cabe señalar que la generación de las actividades requiere un conjunto de capacidades (de innovación, absorción, imitación y de difusión, e.g., UNCTAD 1914; Comín, Easterly, y Gong 2008) para que los efectos teóricos se efectivicen sobre la tasa de crecimiento de las economías.

ii) A nivel microeconómico y de empresas, las actividades e inversión CTI interviene en varias decisiones y efectos de ella. Entre otros, la decisión y monto invertido en CTI; en la decisión y productos de la innovación, y los efectos de CTI sobre el desempeño económico de las empresas (utilidades, PTF, productividad laboral, etc.)

iii) En general, la evidencia macro-micro es extensa y muy variada en sus resultados empíricos. Aunque la mayoría de ellos sostienen que a nivel macro la CTI afecta positivamente: al crecimiento y desarrollo económico, a las exportaciones de alta tecnología, productividad, competitividad y bienestar de la población, dicho resultado no es uniforme para todos los trabajos (y países). De igual manera, los resultados empíricos a nivel microeconómico y empresarial de 45 trabajos revisados en Ugur & Vivarelli (2021), si bien sostienen que CTI afectan positivamente a la productividad, dicho resultado no es uniforme para todas las economías. Así, los trabajos del autor (Tello, 2021, 2020, 2017, 2015) sostienen que para el caso de las empresas manufactureras del Perú los principales determinantes de la productividad laboral son el ratio capital-trabajo y el tamaño de la empresa. La evidencia de la incidencia del CTI en la productividad no es estadísticamente clara.

iv) Los trabajos de simulaciones usando modelos computables de equilibrio general resumidos en el Cuadro 1 son una muestra pequeña, aunque representativa, de las formas como se introducen las actividades/inversión CTI en dichos modelos. Así, CTI se introduce como: a) un factor primario que determina el valor agregado de los diversos sectores productivos; b) como un factor que incide en la productividad total factorial de los sectores; c) como un efecto de derrame o 'spillover' de diversos sectores de la economía. Los modelos también distinguen los CTI públicos de las empresas y se acumulan período tras período y pueden ser distintos por tamaño de las empresas. En general, los efectos de la inversión en CTI en las simulaciones son positivos sobre el crecimiento económico de las economías. Sin embargo, los trabajos no enfatizan los efectos sobre toda la asignación de recursos de la economía (precios, producción, consumo, retornos a los factores productivos y bienestar de la población).

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>I. Teorías/Modelos Macro y Microeconómica (Países y Empresas)</b>			
<b>1</b>	Greenhalgh & Rogers (2010)	Expone, por un lado, las teorías macro neoclásicas y de crecimiento endógeno de los efectos de la inversión en CTI sobre el crecimiento económico y, de otro lado, los efectos microeconómicos.	En la teoría macro y función neoclásica $Y = A.F(K,L)$ el efecto de CTI es sobre A. En la teoría de macro crecimiento endógeno, el efecto de CTI es determinado por otros factores como capital humano, y externalidades. En la teoría micro, existen varias etapas del proceso de productivo de las empresas en las cuales CTI interviene, desde la decisión de la empresa a invertir, pasando por cuanto invertir y los resultados de la innovación (procesos y productos) y terminando con los efectos sobre la productividad y costos de producción y los efectos de estos sobre el mercado donde la empresa produce. En las dos primeras intervenciones, las actividades CTI están sujetas a una serie de distorsiones, entre otras: i) la apropiabilidad de los retornos de la inversión; ii) la indivisibilidad de la inversión que implica montos grandes de esta; iii) el precio de la innovación dado que tiene características de bien público.
<b>2</b>	Fagerberg, Srholec, Verspagen (2010)	Los autores presentan tres argumentos o modelos teóricos de los efectos de CTI sobre la tasa de crecimiento de los países: i) modelo neoclásico de Solow; ii) el de capacidades, y iii) el modelo endógeno de crecimiento	Respecto a (i), se formula que: el modelo neoclásico de crecimiento económico predice que, a la larga, el PIB per cápita de todos los países crecerá a la misma tasa de crecimiento determinada exógenamente por el progreso tecnológico mundial. Estos si este 'progreso' es afectado por las actividades CTI entonces dicho resultado de convergencia, en teoría, resultará. Con respecto a (ii) las capacidades básicas o 'sociales' que se requieren para explotar las actividades CTI son: -competencia técnica (nivel de educación); -experiencia en la organización y gestión de empresas de gran escala; -instituciones y mercados financieros capaces de movilizar capital a gran escala; - honestidad y confianza; -la estabilidad del gobierno y su efectividad para definir (hacer cumplir) las reglas y apoyar el crecimiento de la economía. Con respecto a (iii) el modelo

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
			sustenta que las diferencias en el desarrollo económico entre países deben entenderse como el resultado de las diferencias en la acumulación de conocimientos endógenos dentro de las fronteras (principalmente nacionales). Mientras en (i) el progreso tecnológico es exógeno y fácilmente replicable entre todos los países del mundo, en (iii) dicho progreso depende de variables internas de cada país.
<b>3-5</b>	Crépon, Duguet, Mairesse (1998); Lööf, Mairesse & Mohnen (2017); Ugu & Vivarelli (2021)	Estos autores reportan uno de los modelos más usados sobre los efectos de la CTI a nivel de firmas, el modelo CDM por las siglas de los autores Crépon-Duguet-Mairesse. Este modelo de ecuaciones simultaneas tiene mínimo cuatro componentes o etapas: i) la decisión de las firmas de realizar las actividades CTI; ii) los determinantes del monto invertido en CTI; iii) los resultados de la innovación; y iv) los efectos de las actividades CTI sobre la productividad de las firmas.	Respecto (i) la decisión de invertir o no en actividades CTI están relacionados al tamaño de la empresa, la participación de mercado, las condiciones de la demanda, las oportunidades tecnológicas, la protección de patentes y la propiedad extranjera. En (ii) también determinan la inversión en CTI más la posibilidad de apoyo financiero público que una empresa puede recibir o no. En (iii) los resultados de la innovación están asociados a la inversión en CTI, el tamaño de la empresa, la posibilidad de exportación y de tener acciones de propiedad extranjera, la cooperación con otras empresas o instituciones de investigación, el acceso o uso de servicios de internet, y la disponibilidad de infraestructura de CTI. Finalmente, en la última etapa (iv) son los resultados de la innovación y características de las empresas (tales como el tamaño de la empresa y el ratio capital-trabajo) que pueden afectar la productividad (laboral y la total factorial) de las empresas.
<b>6-7</b>	Aghion, Antonin, Bunel (2021), Schumpeter (1950)	Los primeros tres autores reactualizan el paradigma de la <i>destrucción creativa</i> de Schumpeter pero, contrario a él, desde una visión optimista del futuro del capitalismo. Para ellos, el proceso de destrucción creativa es el proceso por el cual nuevas innovaciones continuamente surgen y vuelven obsoletas las tecnologías existentes. En el proceso, continuamente llegan nuevas empresas para competir con las empresas existentes, y surgen nuevos trabajos y	El trabajo de Aghion <i>et al</i> (2021) presenta una serie de conclusiones relevantes de las actividades CTI. Entre otros: i) Crecimiento a través de la destrucción creativa interactúa con la competencia, la desigualdad, el medio ambiente, las finanzas, desempleo, salud, felicidad, e industrialización. ii) Los países pobres pueden alcanzar a los ricos. iii) El Estado, con las debidas acciones de control del ejecutivo, puede estimular la creación de riqueza y al mismo

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
		<p>actividades que reemplazan a los trabajos y actividades existentes. La destrucción creativa es la fuerza motriz del crecimiento y capitalismo, asegurando su perpetua renovación y reproducción, pero al mismo tiempo generando riesgos y convulsiones que deben ser gestionados y regulados. En esencia la innovación y su difusión es la clave para el crecimiento de los países.</p> <p>Joseph Schumpeter era pesimista sobre el futuro del capitalismo. En particular, anticipó que los grandes conglomerados expulsarían a las pequeñas y medianas empresas, conduciendo inexorablemente a la desaparición de los empresarios y al triunfo de la burocracia y los intereses creados.</p>	<p>tiempo abordar los problemas de desigualdad, desempleo, etc. El capitalismo, en la visión de Aghion <i>et al</i> (2021) requiere 'dejar/ pasar' el capitalismo <i>laissez-faire</i>, donde las fuerzas del mercado se mueven sin restricción, a una forma de capitalismo en el que el Estado y la sociedad civil juegan su rol completo para estimular la movilidad social y reducir la desigualdad sin desalentar la innovación. Con el apoyo indispensable de sociedad civil es posible evitar que los innovadores de ayer en convivencia con los funcionarios públicos bloqueen el camino de los innovadores del mañana.</p> <p>iv) El modelo neoclásico es criticado de manera doble. Teóricamente, porque el modelo no explica el cambio tecnológico el cual de acuerdo con Solow es la base del crecimiento del PBI per cápita. Empíricamente porque la teoría neoclásica no explica los determinantes del crecimiento en el largo plazo. Tampoco permite comprender entre otras cosas por qué algunas naciones crecen más rápido que otras, y por qué algunas naciones convergen a los niveles de PIB per cápita del mundo desarrollado y otros quedarse muy atrás o detenerse en el camino.</p>
<b>8</b>	Brown & Ulijn (2004)	Los autores analizan las relaciones entre innovación, empresarios y cultura.	La conclusión más relevante del libro es que la innovación y el espíritu empresarial juegan un papel importante en el crecimiento económico de un país. De hecho, la innovación y el espíritu empresarial pueden ser los factores más importantes que impulsan el proceso de desarrollo económico. Sin embargo, si bien en última instancia el desarrollo económico es vital para el avance de un país, no podemos confundir el crecimiento económico con el progreso social. Aunque tanto el crecimiento económico como el progreso social varían de un país a otro y están relacionados con detalles particulares como la cultura nacional, la historia,

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
			la tradición, etc., el progreso social también se ve afectado por cosas como la distribución de la riqueza, los derechos humanos/individuales, la igualdad de derechos de género, que no se ven directamente afectados por el crecimiento económico.
<b>II. Literatura de los Impactos Empíricos de CTI</b>			
<b>9</b>	Celli, Cerqua, Pellegrini (2021)	Utilizando el gasto en I&D como indicador de la capacidad de innovación, los autores evalúan cuánto del efecto total de la política regional de la UE se debe a la I&D en las regiones más pobres de la UE usando la metodología 'difference in differences'.	Se encuentra un impacto positivo de la política general sobre crecimiento económico, pero, entre las regiones con convergencia, las que invierten una mayor proporción de fondos en I&D tienen la misma tasa de convergencia que las regiones que invierten más en otras prioridades. Estos hallazgos confirman que la Política Regional de la UE jugó un papel importante en la recuperación económica de las regiones más pobres tras la Gran Recesión. Sin embargo, centrar los recursos en I&D no parece proporcionar beneficios económicos, al menos a corto plazo.
<b>10</b>	Dobrzanski (2020)	El autor intenta responder a la pregunta de qué países latinoamericanos gastan más eficientemente los fondos en I&D. El artículo también verifica la hipótesis de que un mayor gasto en I&D no se traduce en un aumento de los resultados innovadores previstos. La principal metodología de investigación empleada es el análisis envolvente de datos (DEA), que permite evaluar la eficiencia input-output e indica la frontera de eficiencia para el período 2000-2017.	La evidencia presentada documenta el relativo bajo rendimiento de LA en la eficiencia del gasto en I&D. A pesar de pequeño monto gastado en I&D, los resultados no son proporcionales. Se confirma la hipótesis de que una mayor I&D no genera una innovación proporcional. El indicador de eficiencia de la investigación revela la eficiencia del uso de los fondos de I&D y los países con el puntaje de eficiencia más alto no necesariamente logran los resultados más innovadores
<b>11</b>	Kaneva & Untura (2019)	El estudio tiene como objetivo analizar el impacto de la producción de conocimiento y los efectos indirectos del conocimiento sobre el crecimiento regional en Rusia en un marco de modelos de crecimiento endógeno. Se aplica técnicas de modelado de panel de error espacial y GMM para 80 regiones rusas desde 2005 hasta 2013	Los autores verifican la hipótesis de que I&D el gasto en innovaciones tecnológicas afecta el crecimiento económico regional. Sin embargo, rechazan la hipótesis de la relevancia de los derrames de conocimiento sobre las tasas de crecimiento del PBI per cápita. Los autores sostienen que el rechazo de la segunda hipótesis se debe a las capacidades de absorción de los innovadores en las regiones rezagadas

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
			no fueron lo suficientemente altas para una adaptación efectiva de nuevas tecnologías en dichas regiones.
<b>12</b>	Anoushehi, Hojabr-Kiani, Mojstahed, Ranjbar (2018).	El artículo investiga los efectos de la difusión espacial de la I&D agrícola en el crecimiento económico regional en las regiones de la UE-28 en el período 1995-2014. Se emplea el método de datos de panel de Durbin para estimar los efectos espaciales directos e indirectos.	Los resultados muestran un efecto positivo de la I&D agrícola y su efecto indirecto espacial sobre el crecimiento regional en todos los sectores. Además, el impacto del desbordamiento espacial de la I&D agrícola en el crecimiento regional depende del desempeño de los sectores de I&D. Los efectos indirectos positivos son más fuertes en el sector de las empresas comerciales. Finalmente, el efecto de interacción entre la producción económica del sector agrícola de cada región con el de sus vecinas es significativamente positivo.
<b>13</b>	Männasoo, Hein, Ruubel (2018)	El estudio investiga los efectos de dotación del capital humano y gasto en I&D sobre la productividad total de los factores (PTF) en 99 regiones europeas de 31 países durante el período 2000-13.	Los resultados indican que la dotación de capital humano tuvo un efecto positivo sobre el crecimiento de la PTF, particularmente en regiones avanzadas, pero el efecto de los propios gastos de investigación y desarrollo (I&D) de las regiones en gran medida estuvo ausente.
<b>14</b>	Ali (2017)	El estudio desarrolla el Índice de Logros Tecnológicos (TAI) de 100 economías para examinar la posición del progreso tecnológico de los países durante los 21 años del período 1995 a 2015. Los países se clasificaron según el índice TAI, el cual tiene cuatro pilares: creación de tecnología, difusión de innovaciones más antiguas, difusión de innovaciones recientes y desarrollo de habilidades humanas. Además, el estudio calcula el Índice de Desarrollo Humano (IDH) para 100 principales economías en el mismo período. El IDH refleja tres dimensiones: el índice de esperanza de vida, el Índice de Educación, y el Ingreso Nacional Bruto. Las brechas tecnológicas se miden con la desviación estándar (SD). El estudio estima un modelo en el que el IDH se utiliza como variable dependiente y el TAI y la Formación bruta de	Con técnicas econométricas estándar, los resultados muestran que existen asociaciones a largo plazo entre el progreso tecnológico y el desarrollo económico; el impacto del progreso tecnológico en el desarrollo económico es del 13,2 %, mientras que el impacto es un 4,3 % mayor en ocho países seleccionados del este de Asia Meridional, comparado con ocho países seleccionados altamente desarrollados.

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
		capital (GCF) se utilizan como variables independientes. El IDH, TAI y GCF se utilizan en este modelo como variables proxy para el desarrollo económico, el progreso tecnológico y el capital, respectivamente.	
<b>15</b>	Ustabaş & Ömer (2016)	El estudio de los autores tiene como objetivo evaluar la relación entre las exportaciones de alta tecnología y los niveles de PIB per cápita con pruebas de raíces unitarias estructurales y metodologías de cointegración para Turquía y Corea del Sur para el período 1989-2014. Se realizan las siguientes pruebas: i) ADF, PP de raíz unitaria y KPSS de estacionariedad; ii). pruebas de raíces unitarias de 'ruptura (break)' simple de Zivot-Andrews y de dos 'rupturas (breaks)' de Lee-Strazicich; iii) prueba de cointegración de ambas variables con las pruebas de Engle-Granger y Johansen incorporando las fechas de ruptura (break) como variables ficticias exógenas; y iv) pruebas de inestabilidad de los parámetros con tests tipo CUSUM.	Los resultados obtenidos para Turquía y Corea del Sur son ligeramente diferentes: i. ambas variables están cointegradas para ambos países; ii. para Corea del Sur, el impacto positivo de las exportaciones de alta tecnología en el PIB no puede rechazarse a corto y largo plazo. Esta conclusión no puede obtenerse para Turquía, y iii. las estimaciones de parámetros para Turquía insinúan un efecto positivo limitado de las exportaciones de alta tecnología solo a corto plazo.
<b>16</b>	Tuna, Kayacana, Bekta (2015)	Este artículo analiza la asociación entre los gastos de investigación y desarrollo (I&D) y el crecimiento económico en Turquía para el período 1990-2013.	Los métodos que se usaron fueron las pruebas de raíces unitarias, la prueba de cointegración y la prueba de causalidad de Granger. El resultado del análisis, indica que no se encuentra relación de cointegración entre I&D y crecimiento y tampoco existe una relación de causalidad entre las series examinadas.
<b>17</b>	Sandua & Ciocanel (2014)	Este trabajo pretende evaluar, a nivel europeo, la relación entre exportaciones de tecnología media y alta, por un lado, y algunos de los principales determinantes de la innovación, tales como el volumen de gasto en investigación-desarrollo, público y privado, los recursos humanos empleados en actividades intensivas en conocimiento, y la propensión a la relación comercial internacional.	Los resultados econométricos confirman una relación causal entre los indicadores de innovación y el nivel de exportaciones de alta tecnología en 26 países de la UE del período 2006-2010.
<b>18</b>	Poorfaraj, Samimi,	Los autores estiman la relación entre los indicadores de I&D, recursos humanos y difusión de las TICs, y el PBI de 16	Usando el método econométrico de datos de panel la estimación indica los indicadores CTI tienen un impacto

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
	Keshavarz (2011)	países en desarrollo <sup>3</sup> del período 2000-2008.	positivo y significativo sobre el crecimiento económico.
<b>19</b>	Sener & Sarıdogan (2011)	Los autores listan los mecanismos y los factores de entorno mediante el cual las actividades CTI pueden incidir en la competitividad y crecimiento de las economías. Los autores señalan además, y en concordancia con Schumpeter (1911), que las innovaciones que impactan en el crecimiento son: la introducción de nuevos productos, la introducción de nuevos métodos de producción, la apertura de nuevos mercados, el desarrollo de nuevas fuentes de abastecimiento de materias primas u otros insumos, y la creación de nuevas estructuras de mercado en una industria.	Los 8 mecanismos que los autores proponen son: i) el desarrollo de las políticas de innovación ciencia tecnología; ii) el desarrollo en infraestructura de innovación de tecnología científica; iii) el desarrollo científico; iv) el desarrollo tecnológico; v) el desarrollo en innovación; vi) el desarrollo en productividad, costos y diversidad de productos; vii) el desarrollo de la competitividad global; y viii) el incremento de las rentas de los factores y funciones de utilidad de los agentes económicos. Los factores del entorno considerados por los autores son: -La infraestructura educativa -las fuentes de capital humano y un ambiente propicio para las inversiones -Infraestructura para las actividades I&D -Infraestructura para las TICs -Transparencia tecnológica -Efectos de externalidades y spillovers del proceso de learning by doing -Concientización de la Ciencia y Tecnología -Innovación en la sociedad
<b>20</b>	Samimi, & Alerasoul (2009)	Basado en una muestra de 30 países en desarrollo del período 2000-2006 y medidas de indicadores CTI tales como la participación del gasto público en investigación en el PIB; el número de investigadores por millón de habitantes; y la producción científica de los países, los autores estiman la relación de dichos indicadores y la tasa de crecimiento del PBI de los países de la muestra.	Usando modelos de regresión de datos de panel, los autores no encuentran, en general, una relación estadísticamente significativa entre los indicadores CTI y el PBI de los 30 países en desarrollo. Los autores conjeturan que estos resultados se deben al bajo gasto en I&D en los países en desarrollo, y que, por lo tanto, los gobiernos de estos países deberían apoyar a la I&D de las instituciones e industrias.

<sup>3</sup> Argentina, Chile, Colombia, Hungría, India, Indonesia, Irán, Malaysia, Mauricio, México, Perú, Filipinas, Polonia, Eslovenia, South África, Tailandia, y Turquía.

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
<b>21</b>	Ertl, Bordt, Earl, Lacroix, Lonmo, McNiven, Schaan, Uhrbach, van Tol, Veenhof (2006)	Los autores afirman que gran parte de la información existente sobre las actividades de CTI se relaciona solo con los insumos. Sin bien estas medidas básicas son esenciales para rastrear quién está haciendo qué, dónde, cómo y por qué, sin embargo, no son tan útiles para evaluar los resultados e impactos de las actividades de CTI. Las medidas actuales se están desplazando hacia medidas más sofisticadas del valor agregado potencial y los costos de la CTI, y sus implicaciones a más largo plazo para la economía y la sociedad.	Entre las 'nuevas medidas' los autores proponen: i) la proporción de I&D (gobierno, educación superior y sector privado) que se comercializa; ii) proporción de patentes (gobierno, educación superior y sector privado) que han sido asignadas o comercializadas; iii) proporción de ventas debida a procesos nuevos y significativamente mejorados, iv) innovaciones de marketing y cambios organizacionales; v) valor percibido y utilidad de los productos de acuerdo con los consumidores; y vi) medidas de cultura y estructuras de trabajo.
<b>22</b>	Ulku (2004)	El trabajo usa varias técnicas de datos de panel y mediciones de patentes y datos de I&D para 20 países de la OCDE y 10 países no pertenecientes a la OCDE y para el período 1981–97 para analizar la relación entre I&D y crecimiento.	Los resultados sugieren: i) Una relación positiva entre el PIB per cápita y la innovación tanto en países de la OCDE como fuera de la OCDE; ii) Que el efecto del stock de I&D sobre la innovación es significativo solo en los países de la OCDE con grandes mercados; iii) Que no hay evidencia de rendimientos constantes de la innovación en términos de I&D, lo que implica que la innovación no conducirá a aumentos permanentes en el crecimiento económico. Sin embargo, estos resultados no sugieren necesariamente un rechazo a los modelos de crecimiento basados en I&D, dado que ni las patentes ni los datos de I&D capturan la gama completa de actividades de innovación de I&D
<b>23</b>	Sylwester (2001)	El autor examina la asociación entre la investigación y el desarrollo, y la tasa de crecimiento del producto per cápita a nivel nacional en 20 países de la OCDE utilizando una regresión multivariada.	No se encuentra una asociación fuerte entre las dos variables. Pero cuando se consideran solo los países del G-7, si se presenta una asociación positiva entre los gastos de I+D de la industria y crecimiento económico.
<b>24-25</b>	De Loo & Soete (1999), Jones	Un mecanismo para que la actividad de I&D incida en la productividad (total factorial) y por ende en el crecimiento es	El modelo de Jones (1995) respalda la proposición y De loo & Soete presenta evidencia circunstancial de esta paradoja

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
	(1995), Freire-Serén (2001)	que dichas actividades incidan o generen innovación, nuevos diseños de nuevos productos, etc. Si solo inciden en la diferenciación de productos (en particular de productos existentes) no incidirán en la productividad y crecimiento.	de productividad en Europa: incremento de I&D sin incrementos de productividad. Un mecanismo adicional que afecta al crecimiento es el de Freire-Serén (2001) en el cual I&D afecta a la inversión en capital.
<b>26</b>	Cameron (1998)	Presenta la evidencia empírica de la relación entre la innovación y el crecimiento económico a la luz de la Nueva Teoría del Crecimiento. Considera una serie de diferentes medidas de innovación, como el gasto en I+D, las patentes y los recuentos de innovación, derrames tecnológicos entre empresas, industrias y los países. La metodología de dicha evidencia son regresiones de diversos métodos de estimación y los países de la muestra son mayormente de la Unión Europea y los Estados Unidos.	i) La innovación tiene un impacto significativo al crecimiento. ii) Existe efectos indirectos significativos entre países, empresas e industrias y, en menor medida, de la investigación financiada por el gobierno.
<b>III. Literatura de Modelos Computables de Equilibrio General de los Impactos de CTI</b>			
<b>27</b>	Won-Sik, Yeo, Oh, Hong, Jung, Yang, Lee (2021)	El estudio analiza el crecimiento económico y la estructura industrial en Corea del Sur bajo diferentes condiciones en inversión CTI usando un MCEG. El nivel CTI privado es introducido como factor de producción en 'nested' (anidada) funciones de producción donde:  $Q = A(CTI).F(VA(K,L);CTI)$  Donde $Q$ es producción, $VA$ es valor agregado, $K, L$ son los factores primarios capital y trabajo respectivamente. $F$ es una función de producción específica, usualmente una CES (constant elasticity of substitution, en inglés o elasticidad de sustitución constante entre los argumentos de la función de producción), y $A$ es la productividad total factorial que depende del nivel de CTI pública.	I&D pública incrementa el PBI por sus efectos de 'derrame' (spillovers) en los distintos sectores productivos.
<b>28</b>	Betarelli, Faria, Gonçalves	El artículo explora los efectos económicos de la financiación de la inversión pública en CTI en Brasil, teniendo en cuenta	Sin financiación pública de inversión en CTI los principales resultados indican pérdidas en la PTF, efectos adversos en

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
	Montenegro, Bahia, Gonçalves (2020)	los cambios en la productividad total de los factores (PTF) en los sectores de alta, media y baja tecnología. Para ello usa un modelo dinámico computable de equilibrio general (MDCEG) donde la inversión en CTI se acumula por periodo. El capital CTI se inserta además como factor primario en una función de producción 'nested' que tiene como argumentos insumos intermedios domésticos e importados y una función de valor agregado que dependen de trabajo, tierra y los stocks de capital físico y de CTI (capital conocimientos).	la formación de capital físico, contracción de las industrias intensivas en CTI, y una mayor dependencia futura del sector público para el acervo de conocimientos, especialmente para la educación.
<b>29</b>	Zawalńska, Tranb, Płoszajca (2018).	El artículo analiza dos posibles opciones de política en Polonia para lograr el objetivo de 1.7% de la ratio CTI sobre el PBI: (1) aumentar los gastos gubernamentales en I&D y; (2) proporcionar desgravación fiscal en I&D a las empresas. El método aplicado para discernir estas opciones es un modelo dinámico computable de equilibrio general (MDCEG). En este modelo se formula un vínculo explícito entre la productividad y el stock en CTI	Los resultados muestran que alcanzar el objetivo mediante el uso de desgravaciones fiscales es 2,5 veces más costoso en términos del presupuesto del gobierno, pero tiene un mayor impacto en la economía en términos de un mayor crecimiento del PIB. La desgravación fiscal demostró ser eficiente a corto plazo, mientras que a largo plazo la política de gasto público ofrece una mejor relación calidad-precio.
<b>30</b>	Hong & Lee (2016)	Los autores se motivan por el hecho, según ellos, que el stock en CTI es un factor fundamental para el desempeño económico a largo plazo de las grandes, medianas y pequeñas empresas (pymes). En el artículo ellos analizan los efectos de las bonificaciones fiscales por CTI por tamaño de empresa. El principal objetivo es comparar los resultados de las políticas fiscales orientadas a los diferentes tamaños de empresas en Corea del Sur. Se basan en un MCEG que incorpora algunas características esenciales de factor conocimiento. El factor CTI se introduce como un argumento en la PTF y como factor de producción en la función de producción y también se acumula inversión cada período 't'.	Los resultados muestran que el apoyo a las empresas grande es mejor para el crecimiento económico cuando las tasas impositivas para ambos grupos (grandes y el resto) de empresas se descuentan por igual. Los efectos para el resto de las empresas son mejores cuando se deducen los mismos impuestos para ambos grupos. El diferencial de los hallazgos se atribuye a cambios y efectos indirectos en el acervo de conocimientos. En Corea del sur, las empresas grandes parecen depender más de la difusión del conocimiento que el resto de las empresas y consecuentemente la inversión adicional en las PYME aumenta la producción total, al tiempo que induce crecimiento a las empresas grandes. Esto implica que apuntar a las empresas medianas y pequeñas para los beneficios fiscales es más eficiente si el objetivo es impulsar

<b>Cuadro 1</b>			
<b>Resumen de Una Muestra de Literatura Teórica y Empírica de los Efectos de las actividades CTI</b>			
<b>No</b>	<b>Autores (año)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Resultados</b>
			la producción bruta nacional general, y esto se puede lograr si los formuladores de políticas asignan un beneficio fiscal fijo según el tamaño de la empresa. Sin embargo, los resultados no pueden generalizarse a otras naciones porque dependen de las interrelaciones de todas las empresas.

**Fuente:** Elaboración propia.

## II. UN MODELO COMPUTABLE DE EQUILIBRIO GENERAL, MCEG, PARA LA ECONOMÍA PERUANA

Tomando como punto de partida la metodología y los resultados de la literatura MCEG de los impactos de la inversión en CTI y basados en el MCEG de la economía peruana desarrollado por Tello (2017), esta sección presenta las características básicas del MCEG con datos del 2019 que se usa para estimar los impactos económicos y de bienestar de cambios en la inversión en actividades CTI.<sup>4</sup> Las características del MCEG-2019 son las siguientes:

i) El MCEG tiene 4707 ecuaciones que comprenden 42 sectores, dos de ellos no transables, el sector 32 de Construcción y el sector 41 de Servicios de administración pública, defensa y otros. Adicionalmente, para fines de publicación los 42 sectores son agregados en 10 sectores. La lista completa de los 42 y 10 sectores agregados se lista en los Cuadros A1 y A2 del anexo respectivamente.

ii) La economía emplea ocho factores de producción: tres de la fuerza laboral, uno del factor capital, y cuatro de recursos naturales que son específicos a los sectores primario- exportadores. Las dotaciones de la fuerza laboral comprenden trabajadores no calificados (con educación hasta el nivel secundario),  $\bar{L}_1$ , trabajadores calificados (con educación de nivel superior pero que no pertenecen a las áreas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, con siglas en inglés STEM),  $\bar{L}_2$ , trabajadores calificados en las áreas STEM,  $\bar{L}_3$ . Los 4 stocks de los recursos naturales,  $\bar{R}_i (i = 1, 4)$  corresponden a 4 sectores primarios: Productos agropecuarios, de caza y silvicultura ( $S_1$ ), Productos de la pesca y acuicultura ( $S_2$ ), Petróleo crudo, gas natural y servicios conexos ( $S_3$ ) y Productos minerales y servicios conexos ( $S_4$ ). Finalmente, el stock de capital  $\bar{K}$  distribuido en todos los sectores no primarios de bienes y servicios. El empleo de estos factores por sector depende de la información de la matriz insumo producto, de la matriz de contabilidad social y de las especificaciones de las ecuaciones del modelo.

iii) Para los sectores transables y de exportación, la producción total de cada sector ( $Q_i^s; i = 1, 42$ ) se divide en producción doméstica ( $X_i^s, i = 1, 40$ ) y producción de exportación ( $E_i; i \neq 32, 42$ ). La demanda de bienes y servicios por parte de los consumidores ( $h = 1, 3$ ) en cada sector ( $Q_{Di}^h; h = 1, 3; i = 1, 42$ ) se divide en la demanda de bienes y servicios que provienen del mercado doméstico ( $C_i^h; h = 1, 3; i = 1, 42$ ) y de productos importados ( $M_{Ci}^h; h = 1, 3; i = 1 - 42$ ).

iv) En la economía existen tres grupos de consumidores ( $h = 1, 3$ ). El primer grupo de consumidores ( $h = 1$ ), posee sólo dotación  $\bar{L}_1$  de mano de obra no calificada. Para  $h = 2$ , el consumidor posee mano de obra calificada superior no STEM  $\bar{L}_2$ . Para  $h = 3$ , el consumidor posee mano obra calificada superior STEM  $\bar{L}_3$ . Los consumidores 2 y 3 disponen de capital y de recursos naturales. La proporción asumida es que el 87% de las dotaciones de dichos factores los posee el segundo grupo de consumidores, y el restante 13% lo posee el tercer grupo de consumidores. Los consumidores consumen bienes y servicios y ahorran.

<sup>4</sup> Por limitaciones de espacio, los resultados de las simulaciones serán resumidos en diez sectores cuando el modelo tiene 42 sectores. Los resultados para los 42 sectores están disponibles a solicitud del lector.

v) El gobierno también demanda bienes y servicios ( $G_{Di}; i = 1, 42$ ) y lo financia a través de impuestos (T) con tasas de impuestos directos ( $t^{Yh}$ ) e indirectos de la economía ( $t_i^X$  y  $t_i^E$ ).

vi) Las funciones de producción y de preferencias se asumen que son de elasticidad de sustitución constante (CES en inglés) de factores o bienes y servicios respectivamente. En el caso del gobierno se asume una función de preferencias Cobb-Douglas, con una propensión a ahorrar  $s^g$ , y a consumir  $\alpha^g$ .

vii) A partir de las variables de los sectores y los respectivos equilibrios de los mercados asumidos de competencia perfecta, el MCEG define una serie de variables macroeconómicas, desde el producto bruto interno medido a precios domésticos,  $PBI_d$ , y a precios mundiales,  $PBI_w$ , el índice de precios de la economía,  $P$ , el consumo agregado, gastos del gobierno, e inversión a precios domésticos y mundiales ( $C_d; C_w; G_d; G_w; I; I_w$ ), el ahorro,  $S$ , la balanza comercial,  $BC$  (medido en moneda nacional, con tasa de cambio,  $Tc$ , igual uno) y las funciones de gastos de los tres grupos de consumidores ( $e^h$ ) y la suma de estas que determina los cambios de bienestar de los consumidores y de la economía. Dado que no existe unidad monetaria, el bien numerario es el ahorro con precio  $P_s$  unitario.

viii) Los cambios en el bienestar de los consumidores y de la economía se miden a través de las variaciones equivalentes (VE, que mide la función del gasto de los consumidores,  $e^h$ , a precios iniciales) y las compensadas (VC, que mide la función de gasto de los consumidores a precios finales)

En el modelo, y de acuerdo con la literatura de revisada en el Cuadro 1, la incidencia de las inversiones CTI que el gobierno realiza es a través de las productividades totales factoriales de los sectores,  $A_i$ . Específicamente, el modelo asume que  $A_i = (CTI_i)^{\gamma_i}$ . Los parámetros  $\gamma_i$  en el equilibrio benchmark (o inicial) son ceros para todos los sectores. Esto es, se parte de productividades totales factoriales iguales a uno. Luego en las simulaciones los parámetros son cambiados de forma tal que incrementen las productividades totales factoriales en 5%<sup>5</sup> de acuerdo con el Excel CTI y Gamma de Simulaciones Final que se adjunta.

## II.1 El sistema de ecuaciones del MCEG-2019

A continuación se presenta el sistema de ecuaciones del modelo.

### 1. Ecuaciones de Precios

Ecuaciones	N.º
<b>1. Precios de los bienes y servicios y retornos a los factores fijos</b>	
<b>1.1. Transables</b>	
$P_i^M = P_i^{wM} \cdot (1 + t_i^M) \cdot (1 + \mu_i) \cdot Tc; i = 1, \dots, 40, 42; Tc=1$	41
$P_i^E = P_i^{wE} \cdot (1 + t_i^E) \cdot (1 + \mu_i) \cdot Tc; i = 1, \dots, 40, 42$	41
<b>1.2. Compuestos: exportables e importables</b>	

<sup>5</sup> Estos valores en todos los sectores están disponibles al lector.

$P_i^{Qc} = \frac{P_i^X C_i + P_i^M M_i}{\sum_h Q_i^{Ch}}; h = 1,3; i = 1, \dots, 40, 42$	41
$P_i^{Qs} = \frac{P_i^X X_i^s + P_i^E E_i}{Q_i^s}; i = 1, \dots, 40, 42$	41
<b>1.3. Retorno de los factores fijos</b>	
$r_i = \frac{P_i^{Qs} \cdot Q_i^s - (1 + t_i^X) \cdot (\sum_f w_f L_{fi}) - \sum_{j=1}^{42} (P_j^X a_{ji} \cdot \frac{Q_i^s}{A_i}) - (\sum_j P_j^M a_{ji}^M \cdot \frac{Q_i^s}{A_i})}{R_i}$ $f = 1, 2, 3; i = 1, \dots, 4$	4

## 2. Ecuaciones de Producción: Oferta de Productos y demanda de factores e insumos

Ecuaciones	N.º
<b>2. Producción de bienes y servicios</b>	
<b>2.1. Producción</b>	
$Q_i^s = A_i \cdot \left[ \delta_{K,i} \cdot K_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \sum_f \delta_{L,f,i} \cdot L_{fi}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right]^{\sigma_i/(\sigma_i-1)}; f = 1, 2, 3; i = 5, \dots, 42$	38
$Q_i^s = A_i \cdot \left[ \sum_f \delta_{L,f,i} \cdot L_{fi}^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} + \delta_{R,i} \cdot R_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right]^{\sigma_i/(\sigma_i-1)}; f = 1, 2, 3; i = 1, 2, 3, 4$	4
$A_i = CTI_i^{\gamma_i}; si i = 1, \dots, 42$	42
<b>2.2. Condición de beneficios iguales a cero.</b>	
$X_i^s = \frac{(1 + t_i^X) \cdot (\sum_f w_f L_{fi} + r K_i) + \left( \sum_{j=1}^{42} (P_j^X a_{ji} \cdot \frac{Q_i^s}{A_i}) + \sum_j P_j^M a_{ji}^M \cdot \frac{Q_i^s}{A_i} - P_i^E \cdot E_i \right)}{P_i^X};$ $i = 5, \dots, 40, 42$	37
$X_i^s = \frac{(1 + t_i^X) \cdot (\sum_f w_f L_{fi} + r K_i) + \sum_{j=1}^{42} P_j^X a_{ji} \cdot \frac{X_i^s}{A_i}}{P_i^X}; i = 41$	1
$X_i^s = \frac{(1 + t_i^X) \cdot (\sum_f w_f L_{fi} + r_i R_i) + \left( \sum_{j=1}^{42} (P_j^X a_{ji} \cdot \frac{Q_i^s}{A_i}) + \sum_j P_j^M a_{ji}^M \cdot \frac{Q_i^s}{A_i} - P_i^E \cdot E_i \right)}{P_i^X};$ $i = 1, \dots, 4$	4
<b>2.3. Cantidades de bienes exportados y domésticos</b>	
$E_i = X_i^s \cdot \left[ \frac{P_i^E \cdot (1 - \phi_i)}{P_i^X \cdot \phi_i} \right]^{1/(\rho_i^{Qs} - 1)}; i = 1, \dots, 40, 42$	41
$Q_i^s = \beta_i \cdot \left[ \phi_i E_i^{\rho_i^{Qs}} + (1 - \phi_i) \cdot X_i^{s(\rho_i^{Qs})} \right]^{1/\rho_i^{Qs}}; i = 1, \dots, 40, 42$	41
<b>2.4. Demanda de factores de producción</b>	
$L_{fi} = \frac{\frac{Q_{si}}{A_i} \cdot \left( \frac{\delta_{L,f,i}}{w_f} \right)^{\sigma_i}}{\left( \sum_f w_f^{1-\sigma_i} \delta_{L,f,i}^{\sigma_i} + r^{1-\sigma_i} \delta_{K,i}^{\sigma_i} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}}}; f = 1, 2, 3; i = 5, \dots, 42$	114
$K_i = \frac{\frac{Q_{si}}{A_i} \cdot \left( \frac{\delta_{K,i}}{r} \right)^{\sigma_i}}{\left( \sum_f w_f^{1-\sigma_i} \delta_{L,f,i}^{\sigma_i} + r^{1-\sigma_i} \delta_{K,i}^{\sigma_i} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}}}; f = 1, 2, 3; i = 5, \dots, 42$	38

$L_{fi} = \frac{\left( \left( \frac{Q_{si}}{A_i} \right)^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} - \delta_{R,i} \cdot R_i^{\frac{\sigma_i-1}{\sigma_i}} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}} \cdot \left( \frac{\delta_{L,fi}}{w_f} \right)^{\sigma_i}}{\left( \sum_f w_f^{1-\sigma_i} \delta_{L,fi}^{\sigma_i} \right)^{\frac{\sigma_i}{\sigma_i-1}}}; f = 1,2, \text{STEM}; i = 1, \dots, 4$	4x3
<b>2.5. Demanda intermedia y de inversión</b>	
$X_{ij} = a_{ij} \cdot \frac{Q_j^S}{A_j}; X_{i41} = a_{i41} \cdot \frac{X_{41}^S}{A_{41}}; M_{jk} = a_{jk}^M \cdot \frac{Q_k^S}{A_k}$ $i = 1, \dots, 42; j, k = 1, \dots, 40, 42;$	3445
$I_i^d = a_i \cdot \frac{Q_i^S}{A_i}; I_i^M = a_i^M \cdot \frac{Q_i^S}{A_i}; i = 1, \dots, 40, 42; I_{41}^d = a_{41} \cdot \frac{X_{41}^S}{A_{41}}$	83

### 3. Ecuaciones de Demanda: Demanda de los consumidores, Oferta de Factores

<b>3. Ecuaciones de demanda</b>	
<b>3.1. Demanda de bienes y servicios por parte de los consumidores</b>	
$Q_{Ci}^h = Y_{d_h} \left[ \frac{P^{Qc_i}}{\theta_i^h} \right]^{-\rho_h} \left[ \sum_i P^{Qc_i} 1^{-\rho_h} \theta_i^{h\rho_h} + P^{X_6} 1^{-\rho_h} \theta_6^{h\rho_h} \right]^{-1}; h = 1, 3; i = 1, \dots, 40, 42$	123
$C_{41}^h = Y_{d_h} \left[ \frac{P_{41}^X}{\theta_{41}^h} \right]^{-\rho_h} \left[ \sum_i P^{Qc_i} 1^{-\rho_h} \theta_i^{h\rho_h} + P^{X_{41}} 1^{-\rho_h} \theta_{41}^{h\rho_h} \right]^{-1}; h = 1, 3; i = 1, \dots, 40, 42$	3
<b>3.2. Demanda bienes y servicios importados y domésticos</b>	
$Q_{Di}^h = \alpha_i \cdot \left[ \varphi_i M_i^{\frac{\rho^{Qhi}-1}{\rho^{Qhi}}} + (1 - \varphi_i) \cdot C_i^h \right]^{\frac{\rho^{Qhi}}{\rho^{Qhi}-1}}; h = 1, 3; i = 1, \dots, 40, 42$	123
$M_{Ci}^h = C_i^h \cdot \left[ \frac{P_i^M \cdot \varphi_i}{P_i^X \cdot (1 - \varphi_i)} \right]^{\rho^{Qhi}}; h = 1, 3; i = 1, \dots, 40, 42$	123
<b>3.3. Demanda de bienes y servicios por parte del gobierno</b>	
$G_{Di} = T \cdot (1 - s^g) \frac{\alpha_i^g}{P_i^X}; \sum_i \alpha_i^g = 1; i = 1, \dots, 42$	42

### 4. Ecuaciones Macroeconómicas de Agregación

<b>4. Ecuaciones macroeconómicas</b>	
<b>4.1. Demanda agregada doméstica e importada de los consumidores</b>	
$C_i = \sum_h C_i^h; i = 1, \dots, 42$	42
$M_{Ci} = \sum_h M_{Ci}^h; i = 1, \dots, 40, 42$	41
$Q_{Ci} = \sum_h Q_{Ci}^h; i = 1, \dots, 40, 42; h = 1, 3$	41
<b>4.2. Ingreso nacional</b>	
$\bar{R}_i^1 = 0; \bar{R}_i^2 = 0.87 \cdot R_i; \bar{R}_i^3 = 0.13 \cdot R_i; i = 1, \dots, 4$ $K_1 = 0; K_2 = 0.87 \cdot K; K_3 = 0.13 \cdot K; i = 1, \dots, 4$	39
$Y_1 = \sum_{i=1}^4 r_i \cdot \bar{R}_i^h + w_1 \cdot \sum_{i=1}^{42} L_{1i} + r \cdot K_h; h = 1$	1

$Y_2 = \sum_{i=1}^4 r_i \cdot \bar{R}_i^h + w_2 \cdot \sum_{i=1}^{42} L_{2i} + r \cdot K_h; h = 2$	1
$Y_3 = \sum_{i=1}^4 r_i \cdot \bar{R}_i^h + w_3 \cdot \sum_{i=1}^{42} w_3 L_{3,i} + r \cdot K_h; h = 3$	1
$Yd_h = (1 - t^{Yh}) \cdot (1 - s_h) \cdot Y_h; h = 1, \dots, 3$	3
$Yd = \sum_h Yd_h; h = 1, \dots, 3$	1
<b>4.3. Recaudación de impuestos y déficit fiscal</b>	
$IVA = \sum_{i=1}^{42} t_i^X \cdot [\sum_f w_f L_{fi} + r \cdot K_i] + \sum_{i=1}^4 t_i^X \cdot [r_i \cdot \bar{R}_i]; f = 1, 2, 3$	1
$T = IVA + \sum_h t^{Yh} \cdot Y_h + \sum_{i=1}^{40,42} (P_i^{wE} \cdot t_i^E \cdot (1 + \mu_i) \cdot Tc \cdot E_i) + \sum_{i=1}^{40,42} (P_i^{wM} \cdot t_i^M \cdot (1 + \mu_i) \cdot Tc \cdot (M_{Ci} + \sum_{j=1}^{42} M_{ij})); h = 1, 2, 3$	1
$Gd = \sum_i P_i^X G_{Di}; i = 1, \dots, 42$	1
$DF = Gd - T = -s^g \cdot T$	1
<b>4.4. Balanza comercial</b>	
$BC = \sum_i P_i^E \cdot E_i - \sum_i P_i^{wM} \cdot \left( M_{Ci} + \sum_{j=1}^{42} M_{ij} \right); i = 1, \dots, 40, 42$	1
<b>4.5. Ahorro total de hogares</b>	
$P_S \cdot S = \sum_h s_h \cdot (1 - t^{Yh}) \cdot Y_h; h = 1, 3$	1
<b>4.6. Producto bruto interno a precios domésticos e internacionales</b>	
$Cd = \sum_{i=1}^{42} P_i^X \cdot C_i + \sum_{j=1}^{40,42} P_j^M \cdot M_{Cj}$	1
$Cw = \sum_i P_i^X \cdot C_i + \sum_j P_j^{wM} M_{Cj}; i = 1, \dots, 42; j = 1, \dots, 40, 42$	1
$P_S \cdot I = \sum_i P_i^X \cdot I_i^d + \sum_j P_j^M \cdot I_j^M; i = 1, \dots, 42; j = 1, \dots, 40, 42$	1
$P_S \cdot Iw = \sum_i P_i^X \cdot I_i^d + \sum_j P_j^{wM} \cdot I_j^M; i = 1, \dots, 42; j = 1, \dots, 40, 42$	1
$Gw = Gd$	1
$PBI_d = Cd + Gd + I + BC$	1
$PBI_w = Cw + Gw + Iw + BC$	1

## 5. Ecuaciones de Equilibrios

<b>5. Ecuaciones de equilibrios</b>	
<b>5.1. No transables e importables y exportables</b>	
$X_i^S = C_i + G_{Di} + \sum_j X_{ij} + I_i^d; i, j = 1, \dots, 42$	42
<b>5.2 Factores</b>	
$\sum_i L_{fi} \leq \bar{L}_f; f = 1, 2; i = 1, \dots, 42$	2
$\sum_i K_i \leq \bar{K}; i = 1, \dots, 42$	1

## 6. Ecuaciones de Bienestar Agregado e Individual

6. Fórmulas de bienestar		
<b>6.1. Bienestar del Individuo</b>		
$U^h = \left[ \theta_{41}^h \cdot C_{41}^h \frac{\rho^h - 1}{\rho^h} + \sum_{i=1}^{40,42} \theta_i^h \cdot Q_{hi} \frac{\rho^h - 1}{\rho^h} \right]^{\rho^h / (\rho^h - 1)} ; h = 1, 3$		3
$V^h = U^{h(1-s^h)} \cdot S^{h s^h}; h = 1, 3$		3
<b>6.2. Función de gasto</b>		
$P = \left( \sum_{i=1}^{40,42} P_i^{Qc} 1^{-\rho^h} \theta_i^{h \rho^h} + P_{41}^X 1^{-\rho^h} \theta_{41}^{h \rho^h} \right)^{\frac{1}{1-\rho^h}}$		
$IP = \frac{P}{P_0} = \frac{\left( \sum_i P_i^{Qc} 1^{-\rho^h} \theta_i^{h \rho^h} + P_{41}^X 1^{-\rho^h} \theta_{41}^{h \rho^h} \right)^{\frac{1}{1-\rho^h}}}{\left( \sum_i P_i^{Qc0} 1^{-\rho^h} \theta_i^{h \rho^h} + P_{41}^{X0} 1^{-\rho^h} \theta_{41}^{h \rho^h} \right)^{\frac{1}{1-\rho^h}}}; i = 1, \dots, 40, 42$		
$e^h = \sum_i P_i^{Qc} \cdot Q_{Ci}^h + P_{41}^X \cdot C_{41}^h + P_s \cdot S^h + T^h; h = 1, 3, i = 1, \dots, 40, 42$		
$e^h = V^h \cdot [s^h \cdot (1 - s^h)^{(1-s^h)} \cdot (1 - t^{Yh})]^{-1} P^{(1-s^h)/(1-\rho^h)}; h = 1, 3$		3
<b>6.3. Variación equivalente y compensada</b>		
$VE = \sum_h^3 [e^h(V^{h1}, \bar{P}^0) - e^h(V^{h0}, \bar{P}^0)]$		1
$VC = \sum_h^3 [e^h(V^{h1}, \bar{P}^1) - e^h(V^{h0}, \bar{P}^1)]$		1

Fuente: Tello (2017). Elaboración propia. N° de Ecuaciones: 4707

## II.2 Benchmark Equilibrio y Calibración

El equilibrio inicial o benchmark se basa en la matriz SAM balanceada que se basa en la matriz insumo producto del año 2019<sup>6</sup>. En esta matriz SAM la dotación de la mano de obra STEM ( $\bar{L}_3$ ) se emplea solo en 25 sectores<sup>7</sup>. Cabe señalar que en este equilibrio todos los precios de los bienes y servicios son iguales a uno. Sin embargo los precios de los factores y recursos naturales son diferentes a uno y determinados de la siguiente manera:  $\omega_1 = 1.4$ ;  $\omega_2 = 2.8$ ;  $\omega_3 = 6.2$ , para las respectivas fuerzas laborales,  $\bar{L}_1$ ,  $\bar{L}_2$ , y  $\bar{L}_3$ , y  $r = 1.0$ ;  $r_1 = 1.4$ ;  $r_2 = 1.5$ ;  $r_3 = 3.0$ ;  $r_4 = 3.5$ , para la dotación de capital y  $r_i$  ( $i=1,4$ ) los retornos de los 4 factores primarios,  $\bar{R}_i$  de cada sector 'i' primario.

Para determinar los precios de los servicios de los factores se estimó el stock de cada uno de los ocho factores. El procedimiento para la fuerza laboral es el siguiente: se asignó a cada trabajador de la PEA0 (población económicamente activa y ocupada) el CIIU-Rev 4 correspondiente a los sectores productivos de acuerdo con su ocupación principal. Con esta distribución de la PEA0 y los niveles de educación del módulo 4 de ENAHO del 2019 (INEI-ENAHO 2022) se clasificó la mano obra de la siguiente manera: i) un trabajador no calificado pertenece a  $\bar{L}_1$  si está ocupado en

<sup>6</sup> Esta matriz con los 42 sectores también se encuentra disponible a solicitud del lector.

<sup>7</sup> La matriz SAM incluye la distribución de  $\bar{L}_3$  en los 25 sectores.

algún sector CIIU-Rev 4 y tiene formación hasta secundaria completa; ii) un trabajador calificado y no STEM pertenece a  $\bar{L}_2$  si está ocupado en algún sector CIIU-Rev. 4 y tiene como mínimo formación superior universitaria incompleta ; iii) un trabajador calificado STEM pertenece al sector CIIU-Rev 4 STEM  $\bar{L}_3$ , si está ocupado en sectores CIIU-Rev4 y haber estudiado carreras STEM. La lista de carreras STEM está en el Cuadro A3 del anexo; iv) para cada grupo de trabajadores se aplicó el factor de expansión con lo cual se estima el stock de trabajadores del 2019. Estimada las dotaciones de trabajadores y el empleo de acuerdo con los CIIU-Rev 4 considerados y distribuidos en los 42 sectores, se descompone el total de remuneraciones de la matriz insumo producto del 2019 usando el empleo y las tasas iniciales  $\omega_1 = 1.4$ ;  $\omega_2 = 2.8$ ;  $\omega_3 = 6.2$ .

Las dotaciones del capital y los cuatro recursos naturales se toman de Tello (2017b). El capital se distribuye en los 38 sectores no primarios y los recursos en los cuatro sectores primarios. El ingreso del excedente de explotación de la matriz insumo producto del 2019 por sectores y los retornos a estos factores que se asumen fijos en el equilibrio inicial,  $r = 1.0$ ;  $r_1 = 1.4$ ;  $r_2 = 1.5$ ;  $r_3 = 3.0$ ;  $r_4 = 3.5$  determinan el uso de los cinco factores en los 42 sectores.

Por simplicidad, los resultados del equilibrio inicial como el de las simulaciones se presentan de forma agregada para 10 sectores<sup>8</sup> El Cuadro 2 muestra las principales variables en el equilibrio inicial y el Cuadro 3 las variables macroeconómicas, precios de los factores, y dotaciones de recursos naturales, RN, del año 2019. Cabe señalar que estos valores iniciales se incrementaran porcentualmente en las simulaciones, de tal manera que un porcentaje positivo implica un incremento de la variable con respecto a su valor inicial, y un porcentaje negativo implica un decrecimiento de la variable con respecto a su valor inicial.

La última etapa en la elaboración del MCEG-2010 es el proceso de calibración donde se estima la diversidad de parámetros del modelo. La metodología de este proceso es descrita detalladamente en Tello (2017b). Los valores estimados del proceso están disponibles a solicitud del lector.

---

<sup>8</sup> Estos son listados en el Cuadro A2. El equilibrio inicial con los 42 sectores está disponible a solicitud del lector.

Cuadro 2 Equilibrio Benchmark (Inicial) 2019										
Variable	Agricultura	Pesca	Hidrocarburos	Minería	Manufactura	Construcción	Comercio	Transporte y Comunicaciones	Servicios Sociales	Otros Servicios
$Q_i^s$	41402	4235	16029	79598	249997	76458	92910	171413	52917	209581
$X_i^s$	32805	4227	13690	7565	197607	76458	92904	161722	51787	207461
$E_i$	8597	8	2339	72033	52390	0	6	9691	1130	2120
$M_i$	4623	2	9924	1879	119189	0	5	8651	1382	8742
$Q_{Di}^1$	2028	331	0	0	20345	40	5958	19142	7732	9445
$Q_{Di}^2$	5690	1022	0	0	70597	165	29912	85511	36883	37583
$Q_{Di}^3$	728	127	0	0	8045	15	2051	5739	2200	3623
$C_i^1$	1777	330	0	0	14565	40	5958	18231	7528	8633
$C_i^2$	4987	1021	0	0	48047	165	29910	81531	35909	34254
$C_i^3$	638	127	0	0	5648	15	2051	5473	2142	3311
$M_i^1$	251	0	0	0	5780	0	0	911	204	812
$M_i^2$	704	0	0	0	22550	0	2	3981	974	3329
$M_i^3$	90	0	0	0	2397	0	0	266	58	312
$K_i$	0	0	0	0	48473	18777	40080	52615	15310	68449
$L_{1i}$	2569	292	123	3860	6416	5008	5572	6389	3388	10503
$L_{2i}$	43	6	47	324	882	321	740	1044	1359	5141
$L_{3i}$	0	0	6	30	58	26	0	32	0	97
$t_i^X \cdot VA$	417	64	26	185	26784	1508	646	9537	3108	3867
$t_i^M \cdot M_i$	27	0	0	0	3236	0	0	18	0	0
$G_{Di}$	0	0	0	0	155	0	0	39	662	66984
$I_i$	1420	0	4121	-127	46035	72805	0	987	0	1413
$I_i^M$	176	0	1732	-25	27991	0	0	149	0	68
$CTI_i$	463	107	0	4	31	1	29	0	1745	212

Fuente: Elaboración propia.

<b>Cuadro 3</b>					
<b>Variables Macroeconómicas (millones de soles), Dotaciones de RN y Precios de los Factores 2019</b>					
	<b>Ingreso Total</b>	<b>Ahorro</b>		<b>Impuesto a la Renta</b>	
<b>Grupo 1</b>	86476	17995		3459	
<b>Grupo 2</b>	359069	56313		35393	
<b>Grupo 3</b>	51637	23945		5164	
	<b>Precios de los Factores</b>	<b>Recursos Naturales</b>		<b>Cuentas Nacionales (millones de soles)</b>	
$\omega_1$	1.4000	<b>Sector Primario Agropecuario</b>	17213	<b>Producto Bruto Interno</b>	546605
$\omega_2$	2.8000				
$\omega_3$	6.2000	<b>Sector de Pesca y Acuicultura</b>	989	<b>Balanza Comercial</b>	-2802
$r$	1.0000				
$r_1$	1.4000	<b>Sector de Petróleo, gas natural y conexos</b>	3226	<b>Presupuesto del Gobierno</b>	25598
$r_2$	1.5000				
$r_3$	3.0000	<b>Sector de Productos Minerales y conexos</b>	12708	<b>Presupuesto del Gobierno</b>	25598
$r_4$	3.5000				

Fuente: Elaboración propia.

### III. SIMULACIONES CON EL MCEG, AÑO BASE 2019.

El objetivo del trabajo es estimar los impactos económicos sobre la asignación de recursos, crecimiento y bienestar de la economía peruana (año 2019) de incrementos de las inversiones públicas en actividades CTI. El MCEG descrito solo tiene un mecanismo directo de incidencia en los sectores. La información de las inversiones públicas de CTI fue obtenida del MEF (2022) y se distribuyeron en 18 de los 42 sectores.<sup>9</sup> El mecanismo, descrito en el MCEG, es a través de la productividad total factorial, PTF, del sector. Específicamente:  $A_i = (CTI_i)^\gamma$  donde  $A_i$  es la PTF del sector 'i'. En el equilibrio inicial,  $\gamma = 0$  y  $A_i = 1$ .

Este mecanismo produce dos mecanismos indirectos. El primer mecanismo indirecto, ante un incremento de la PTF debido a aumentos de la CTI, ceteris paribus, es el aumento de la demanda de todos los factores que se usan en los sectores productivos, lo cual induce a incrementos de los precios de dichos factores. El segundo mecanismo indirecto es el cambio de las rentabilidades de los sectores debido a la reducción de los costos de producción originados por los aumentos de productividad. A partir de estos mecanismos, el mercado a través de las interrelaciones entre los sectores produce cambios en la asignación de recursos, crecimiento y el bienestar en la economía. En la medida que la CTI no incida en la PTF los impactos de estas inversiones serán nulos.

Los Cuadros del 5 al 6 ofrecen las cifras de los 10 sectores agregados y las macroeconómicas principales correspondientes a 4 simulaciones que incrementan en 5% la PTF de cada sector debido a un incremento del 10% de la inversión en CTI en 4 sectores específicos: Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, Pesca y acuicultura, Servicios sociales, de salud, educación, de asociaciones u organizaciones no

<sup>9</sup> La lista de estos 18 sectores están disponibles a solicitud del lector.

mercantes y otras actividades de servicios personales, y Servicios profesionales, científicos y técnicos y otros servicios administrativos y de apoyo a empresas.<sup>10</sup> Estos sectores en el 2019 concentraron el 97% del total de inversión pública en CTI, representaron en promedio el 1.3% del valor bruto de producción por sector y aproximadamente el 0.2% del PBI del 2019.

El supuesto de que incrementos del 10% de la inversión CTI se trasladan en incrementos del 5% de la PTF de los sectores aunado a la tasa muy baja de inversión en CTI (en términos del PBI) son condicionantes básicos de los resultados de las 4 simulaciones. En términos simples, los impactos de la CTI serían nulos si las PTF no se incrementan, y serían mayores si las PTFs y la tasa de inversión se incrementan. Un tercer factor que explica los impactos CTI es el grado de eslabonamiento o interdependencia entre el resto de los sectores y los sectores que se incrementan la PTF. El promedio para los 4 sectores de la simulación, el coeficiente de eslabonamiento hacia atrás (compras) es de 1.3%. Esto significa, por cada dólar de aumento de la producción del sector cuya CTI ha aumentado, y traducido en incremento de la PTF, el sector solo comprará del resto de sectores 1.3 centavos de dicho dólar lo cual origina pocos cambios en el resto de los sectores. Esta tasa de eslabonamiento hacia atrás es el tercer condicionante de los resultados de las simulaciones y los impactos de la CTI en la economía.

Entre los principales resultados de la simulaciones figuran en primer lugar (o los denominados efectos ingreso o 'outputs'), el efecto sobre el PBI, en todas las simulaciones, es positivo a precios domésticos aumentando entre 0.01% (segunda simulación) y 0.06% (en la cuarta simulación). Cabe señalar que la tasa relativamente baja de crecimiento del PBI resulta, entre otros factores, por la baja participación del valor real de producción de los sectores cuya inversión CTI aumenta con respecto al valor real total de producción de la economía. Esta participación es entre 0.43% (Pesca y Acuicultura) y 5.3% (Servicios sociales).

Segundo, (o los denominados efectos precios), el índice de precios disminuye en las cuatro simulaciones, sin embargo, las variaciones de los precios o retornos a los 8 factores son distintas entre simulaciones. Dichas variaciones, por las razones de las bajas tasas de inversión y participación de la producción en los sectores donde se incrementa el CTI, son pequeñas en magnitud. La variación positiva más alta en magnitud es la del retorno del recurso natural del sector minero que se incrementa en 0.002% en la cuarta simulación. La variación negativa de mayor magnitud corresponde al retorno del recurso natural del sector de pesca y acuicultura que decrece en -0.002% en la cuarta simulación. A excepción de la segunda simulación, los salarios de la mano de obra no calificada y la calificada no STEM se incrementan en las tres simulaciones restantes, y la mano de obra STEM disminuye en la primera y tercera simulación y aumenta en la cuarta simulación. En la segunda simulación este último salario no cambia.

Tercero, la combinación de los efectos precios y productos juntamente con las diferencias de las propensiones marginales consumo, producen los cambios en las tres principales cuentas macroeconómicas.

---

<sup>10</sup> Los parámetros  $\gamma$  que originan los incrementos de 5% de cada PTF sectorial están disponibles a solicitud del lector.

<b>Cuadro 4</b>										
<b>Simulaciones: Incremento de 10% en CTI y en 5% en PTF</b>										
<b>Variable</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Pesca</b>	<b>Hidrocarburos</b>	<b>Minería</b>	<b>Manufactura</b>	<b>Construcc.</b>	<b>Comercio</b>	<b>Transporte y Comunica.</b>	<b>Servicios Sociales</b>	<b>Otros Servicios</b>
<b>Simulación 1: Incrementos en el Sector Agropecuario, Caza y Silvicultura</b>										
<b>Producción Total (var %)</b>	-0.0006	0.0001	0.0002	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
<b>Producción Doméstica (var %)</b>	-0.0033	0.0001	0.0001	-0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	-0.0001
<b>Exportaciones (var %)</b>	0.0097	-0.0033	0.0007	0.0000	0.0017	NA	-0.0014	-0.0010	-0.0017	0.0000
<b>Importaciones (var %)</b>	-0.6616	0.0162	0.0001	-0.0181	-0.1058	NA	-0.0011	-0.0246	0.0019	-0.0649
<b>IVA (var %)</b>	0.0220	0.0084	-0.0007	0.0000	0.0012	0.0030	0.0025	0.0019	0.0030	0.0003
<b>Índice de Precios (var %)</b>	-0.0005	0.0017	NA	NA	0.0020	0.0035	0.0022	0.0021	0.0021	0.0019
<b>Simulación 2: Incrementos en el Sector Pesca y Acuicultura</b>										
<b>Producción Total (var %)</b>	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Producción Doméstica (var %)</b>	0.0000	0.0002	-0.0002	0.0000	-0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Exportaciones (var %)</b>	0.0003	0.0021	0.0011	0.0000	0.0007	NA	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005
<b>Importaciones (var %)</b>	-0.0004	-0.0533	-0.0002	0.0000	-0.0271	NA	-0.0001	-0.0025	-0.0006	-0.0140
<b>IVA (var %)</b>	-0.0002	0.0894	-0.0015	0.0005	-0.0010	0.0008	-0.0001	0.0000	-0.0003	-0.0009
<b>Índice de Precios (var %)</b>	-0.0003	-0.0023	NA	NA	-0.0005	-0.0014	-0.0005	-0.0005	-0.0005	-0.0006
<b>Simulación 3: Incrementos en el Sector Educación y Salud</b>										
<b>Producción Total (var %)</b>	0.0000	0.0017	0.0025	0.0000	0.0005	0.0001	0.0000	0.0002	-0.0003	-0.0008
<b>Producción Doméstica (var %)</b>	0.0003	0.0017	0.0004	0.0002	0.0004	0.0001	0.0000	0.0002	-0.0004	-0.0008
<b>Exportaciones (var %)</b>	-0.0011	0.0018	0.0146	0.0000	0.0008	NA	0.0001	0.0002	0.0036	0.0033

<b>Cuadro 4</b>										
<b>Simulaciones: Incremento de 10% en CTI y en 5% en PTF</b>										
<b>Variable</b>	<b>Agricultura</b>	<b>Pesca</b>	<b>Hidrocarburos</b>	<b>Minería</b>	<b>Manufactura</b>	<b>Construcc.</b>	<b>Comercio</b>	<b>Transporte y Comunica.</b>	<b>Servicios Sociales</b>	<b>Otros Servicios</b>
<b>Importaciones (var %)</b>	-0.0042	0.0016	0.0004	-0.0049	-0.0680	NA	-0.0493	-0.0967	-0.3197	-0.1390
<b>IVA (var %)</b>	0.0021	0.0020	-0.0164	0.0006	-0.0044	0.0010	0.0026	0.0011	0.0431	-0.0016
<b>Índice de Precios (var %)</b>	0.0014	- 0.0001	NA	NA	0.0019	-0.0096	0.0028	0.0025	0.0034	-0.0009
<b>Simulación 4: Incrementos en el Sector de Servicios Profesionales, Científicos y Técnicos</b>										
<b>Producción Total (var %)</b>	0.0103	0.0425	0.0563	0.0059	0.0614	0.0087	-0.0095	0.0106	0.0179	-0.0475
<b>Producción Doméstica (var %)</b>	0.0061	0.0423	0.0267	0.0214	0.0405	0.0087	-0.0095	-0.0072	0.0158	-0.0552
<b>Exportaciones (var %)</b>	0.0263	0.1384	0.2297	0.0042	0.1404	NA	0.2701	0.3008	0.1138	0.6950
<b>Importaciones (var %)</b>	-0.0059	- 0.0706	0.0267	0.0216	-0.0277	NA	-0.1647	-0.3685	-0.0938	-0.1684
<b>IVA (var %)</b>	0.0850	0.0536	0.1805	0.1893	0.0735	-0.0520	-0.0450	-0.2445	0.5407	-0.3054
<b>Índice de Precios (var %)</b>	-0.0213	- 0.1151	NA	NA	-0.0898	0.2607	-0.0674	-0.0848	-0.0658	-0.2623

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 5								
Resultados de Simulaciones en los Cambios de los retornos y salarios (%)								
	Retorno de $\bar{K}$	Salario de $\bar{L}_1$	Salario de $\bar{L}_2$	Salario de $\bar{L}_3$	Retorno de $\bar{R}_1$	Retorno de $\bar{R}_2$	Retorno de $\bar{R}_3$	Retorno de $\bar{R}_4$
<b>Simulación 1</b>	0.0000	0.0001	0.0000	-0.0003	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
<b>Simulación 2</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0000	0.0000
<b>Simulación 3</b>	-0.0001	0.0000	0.0003	-0.0001	0.0000	-0.0001	-0.0006	-0.0001
<b>Simulación 4</b>	-0.0020	0.0005	0.0051	0.0104	0.0019	-0.0023	-0.0006	0.0023

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 6									
Resultados de Simulaciones en Cambios de Bienestar (W, en millones de Soles) y Variables Macroeconómicas (%)									
Simulaciones	$\Delta VC_1$	$\Delta VC_2$	$\Delta VC_3$	$\Delta VC$	$\Delta VE$	$\Delta PBI/PBI$	$\Delta Ah/Ah$	$\Delta(T-G)/(T-G)$	$\Delta(X-M)/(X-M)$
Simulación 1	4.8299	3.1592	1.4705	9.4596	9.4594	0.0172	0.0000	-0.0132	-2.7386
Simulación 2	0.0147	0.5538	0.2757	0.8443	0.8443	0.0064	0.0006	-0.0006	-0.5630
Simulación 3	5.5954	8.7796	2.3856	16.7605	16.7602	0.0194	-0.0010	-0.0121	-1.7618
Simulación 4	265.1515	328.0762	190.4467	783.6744	784.2777	0.0582	0.0531	0.0525	-3.3093

Fuente: Elaboración propia.

Así, el superávit del gobierno se reduce en las primeras tres simulaciones y aumenta en la cuarta simulación, el déficit comercial, por su parte, se reduce en las cuatro simulaciones y a excepción de la tercera simulación, los ahorros privados ( $\Delta Ah/Ah$ ) aumentan.

Finalmente y cuarto, el bienestar social de la economía ( $\Delta VC$  ó  $\Delta VE$ ) por ambos efectos -aumento del producto y disminución de los precios (por los incrementos específicos de las productividades) aumenta al igual que el bienestar de cada grupo de grupo de consumidores ( $\Delta VC_i$ ). Por las razones, anteriores los aumentos son pequeños con respecto al PBI.

#### **IV. CONCLUSIONES**

Basado en un Modelo Computable de Equilibrio General, MCEG, este trabajo estima los impactos de cambios en la inversión en actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTI) sobre la asignación de recursos de la economía peruana, año base 2019. Dos condicionantes básicos que explican u originan los resultados de las estimaciones son el tamaño de las inversiones en las actividades de ciencia, tecnología, e innovación en los sectores productivos de la economía, y la incidencia positiva de dicho tamaño de la CTI en la productividad total factorial de dichos sectores. Si los incrementos en productividad no ocurren por las inversiones en CTI, no habría efectos y sería un desperdicio de recursos incrementar la inversión en CTI.

El tercer condicionante que explica u origina los resultados de las simulaciones del MCEG-2019 usado, es que las magnitudes de los impactos del crecimiento y bienestar económico dependen de la importancia relativa en valor real de producción de los sectores cuyas inversiones CTI se incrementan. Cuanto más bajo es la participación del valor real de producción del sector con CTI con respecto a la valor real total de producción de la economía, mucho menor es el efecto en crecimiento y bienestar en la economía.

El cuarto condicionante de los impactos del CTI sobre la economía es el grado de interrelación o interdependencia que tiene el sector que incrementa la inversión en CTI con el resto de los sectores. Los bajos grados de eslabonamientos, en particular, los de hacia atrás, limitan los impactos de la inversión en CTI sobre la economía.

Los impactos analizados con el MCEG-2019 se originan por cambios en CTI e incremento de la PTF en cuatro sectores específicos Agricultura, ganadería, caza y silvicultura, Pesca y acuicultura, Servicios sociales, de salud, educación, de asociaciones u organizaciones no mercantes y otras actividades de servicios personales, y Servicios profesionales, científicos y técnicos y otros servicios administrativos y de apoyo.

Dados los cuatro condicionantes, los impactos de las inversiones en CTI sobre la asignación de recursos de la economía se descomponen en los efectos output-

ingreso y los de precios en todos los sectores de la economía. Por los efectos outputs la economía crece y por los efectos precios, el índice de precios disminuye, y por ambos efectos el bienestar social de los tres grupos de consumidores y la economía en su conjunto se incrementan. Los efectos positivos sobre los retornos a los factores están sujetos a la ausencia de cambios en la oferta de los stocks de los factores.

Como conclusión, no existe dudas que inversiones en CTI son indispensables en el proceso de crecimiento y desarrollo económico de los países menos y más desarrollados, sin embargo, para que los impactos positivos en crecimiento y bienestar social se cristalicen, por los menos cuatro aspectos requieren tomarse en cuenta. Estos son la magnitud de la inversión CTI, la relativa importancia en producción de los sectores que incrementa las inversiones CTI con respecto al valor de producción total de la economía, la magnitud o grado de interrelaciones entre los sectores productivos, y fundamentalmente que las inversiones incidan en la productividad de los sectores.

## BIBLIOGRAFÍA

Acemoglu, D. 2010. Theory, General Equilibrium, and Political Economy in Development Economics. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 24-3, pp. 17-32.

Ahuja, G. and Lampert, C.M. 2001. Entrepreneurship in the large corporation: a longitudinal study of how established firms create breakthrough inventions. *Strategic Management Journal*, 22, 6–7, 521–543.

Aghion, P., C. Antonin, S. Bunel 2021. *The Power of Creative Destruction: Economic Upheaval and the Wealth of Nations*. The Belknap Press of Harvard University Press.

Ali, T. 2017. Economic Development: The Significance of Technological Achievement Gap in Selected East and South Asian Countries. *STI Policy Review* Vol. 8, No. 1, pp. 113-156.

Anousheh, S., K. Hojabr-Kiani, A. Mojtahed, H. Ranjbar 2018. Agricultural R&D, spatial spillover, and regional economic growth in different R&D sectors of performance: evidence from a spatial panel in regions of the EU-28. *Agricultural Economics – Czech*, 64-4, pp. 163–169.

Basu, S., D. Weil 1998. Appropriate Technology and Growth. *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 113, No. 4, pp. 1025-1054.

Betarelli, A, W. Faria, R. Gonçalves Montenegro, D. Bahia, E. Gonçalves 2020. Research and development, productive structure, and economic effects: Assessing the role of public financing in Brazil. *Economic Modelling* 90, pp. 235–253.

Brown, T., J. Ulijn 2004. *Innovation, Entrepreneurship and Culture: The Interaction between Technology, Progress and Economic Growth*. Edward Elgar.

Cameron, G. 1998. *Innovation and Growth: a survey of the empirical evidence*. UK: Nuffield College, Oxford, OX1 1NF.

Comín, D., W. Easterly, E. Gong 2008. Was the Wealth of Nations Determined in 1000 B.C.? Harvard Business School, Working Paper 09-052.

Celli, V., A. Cerqua, G. Pellegrini 2021. Does R&D Expenditure Boost Economic Growth in Lagging Regions? *Social Indicators Research*.

Crépon, B., E. Duguet, and J. Mairesse. 1998. Research, Innovation and Productivity: An Econometric Analysis at the Firm Level. *Economics of Innovation and New Technology* 7 (2): 115–158.

De Loo, L. Soete 1999. *The Impact of Technology on Economic Growth: Some New Ideas and Empirical Considerations*. Maastricht Economic Research Institute on Innovation and Technology, University of Maastricht, The Netherlands.

Dobrzanski, P. 2020. The efficiency of spending on R&D in Latin America region. *Applied Economics*, Vol. 52, No. 46, pp. 5020–5034.

Ertl, H., M. Bordt, L. Earl, A. Lacroix, C. Lonmo, C. McNiven, S. Schaan, M. Uhrbach, B. van Tol, B. Veenhof 2006. *Towards understanding impacts of science, technology, and innovation activities*. SIEID, Statistics Canada Blue Sky II Forum, Ottawa, Canada

Fagerberg, J., M. Srholec, B. Verspagen 2010. *Innovation and Economic Development*. En Bronwyn H. Hall, Nathan Rosenberg eds. *Handbook of the Economics of Innovation*, Volume 2, capítulo 20, Elsevier.

Hong C., J. D. Lee 2016. Macroeconomic effects of R&D tax credits on small and medium

enterprises. *Economic Systems Research*, VOL. 28-4, pp. 467–481. [dx.doi.org/10.1080/09535314.2016.1240067](https://doi.org/10.1080/09535314.2016.1240067).

Jones C 1995. 'R&D-Based Models of Economic Growth', *Journal of Political Economy* 10, pp. 759-784.

Greenhalgh, C., M. Rogers 2010. *Innovation, Intellectual Property, and Economic Growth*. Princeton University Press y Princeton and Oxford.

Kaneva M., G. Untura 2019. The impact of R&D and knowledge spillovers on the economic growth of Russian regions. *Growth and Change*, 50, pp. 301–334.

Lööf, H., J. Mairesse & P. Mohnen 2017. CDM 20 years after. *Economics of Innovation and New Technology*, 26:1-2, 1-5, DOI: 10.1080/10438599.2016.1202522

Männasoo, K., H. Hein R. Ruubel (2018). The contributions of human capital, R&D spending, and convergence to total factor productivity growth. *Regional Studies*, Vol. 52-12, pp. 1598–1611.

Poorfaraj, A., A. Samimi, H. Keshavarz 2011. Knowledge and Economic Growth: Evidence from Some Developing Countries. *Journal of Education and Vocational Research* Vol. 1, No. 1, pp. 21-25.

Rodrik, D. 2022. Project Syndicate. Reviving Appropriate Technology. Disponible en: <https://www.project-syndicate.org/commentary/appropriate-technology-global-innovation-and-labor-by-dani-rodrik-2022-02?barrier=accesspay>

Rosenberg, Nathan 1972. Factors Affecting the Diffusion of Technology. *Explorations in Economic History*, Vol. 10(1), pp. 3-33. Reprinted in Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 189-212.

Samimi, A., & Alerasoul, S. M. 2009. R&D and Economic Growth: New Evidence from Some Developing Countries. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4), 3464-3469.

Sandua, S., B. Ciocanel 2014. Impact of R&D and Innovation on high - tech export. *Procedia Economics and Finance* 15, pp. 80 – 90.

Schumpeter, J. 1950. *Capitalism, Socialism and Democracy*, 3rd ed. New York: Harper Collins.

Sener, S., & Sarıdogan, E. 2011. The Effects of Science-Technology-Innovation on Competitiveness and Economic Growth. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 24, 815–828

Sylwester, K. 2001. R&D and economic growth. *Knowledge, Technology & Policy*, 13(4), 71–84.

Tello, M.D. 2021. Effects of obstacles to Innovation: Are They Complimentary? *Journal of Innovation Economics & Management*. 2021/2 n° 35 | pages 187- 217.

Tello, M.D. 2020. Investigación & Desarrollo, Tecnologías de Información y Comunicación e Impactos sobre el Proceso de Innovación y la Productividad. WP-487, department of economics, PUCP.

Tello, M.D. 2017a. Firms' innovation and productivity in services and manufacturing: the case of Peru". *CEPAL Review*, No 121, April.

Tello, M.D. 2017b. *Análisis de Equilibrio General: Modelos y Aplicaciones Para Países en Desarrollo*. Fondo Editorial PUCP.

Tello, M.D. 2015. Firms' Innovation, Public Financial Support and Total Factor Productivity: The Case of Manufactures in Peru. *Review of Development Economics*. 19(2), 358–374.

Tuna, K., E. Kayacana, H. Bekta 2015. The Relationship Between Research & Development

Expenditures and Economic Growth: The Case of Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 195, pp. 501 – 507.

Ugur M. & M. Vivarelli 2021. Innovation, firm survival, and productivity: The state of the art. *Economics of Innovation and New Technology*, VOL. 30, NO. 5, 433–467. <https://doi.org/10.1080/10438599.2020.1828509>

UNCTAD 2014. Science, technology and innovation capability gaps, policy environment, and evolving policy tools for sustainable development.

Ulku, H. 2004. R&D Innovation, and Economic Growth: An Empirical Analysis. IMF Working Paper WP/04/85.

Ustabaş, A., Ö. Ömer 2016. The Effects of R&D and High Technology Exports on Economic Growth: A Comparative Cointegration Analysis for Turkey and South Korea. *International Conference on Eurasian Economies*

Won-Sik Hwang, Yeongjun Yeo, Inha Oh, Chanyoung Hong, Sungmoon Jung, Heewon Yang and Jeong-Dong Lee 2021. CGE analysis of R&D investment policy considering trade-offs between economic growth and stability. *Science and Public Policy*, 48(3), 2021, 295–308. doi: 10.1093/scipol/scaa068

Zawalńska, K., N. Tranb, A. Płoszajca 2018. R&D in a post centrally planned economy: The macroeconomic effects in Poland. *Journal of Policy Modeling* 40 pp. 37–59.

## **2. Fuentes de Información**

INEI-ENAH0 2022. Encuesta Nacional de Hogares 2019. INEI.

INEI 2023. Estadísticas Demográficas.

INEI 2022. Matriz Insumo Producto del Perú.

INEI 2017. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA POR CONDICIÓN DE OCUPACIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN OCUPADA. INEI.

INEI 2015. CLASIFICADOR NACIONAL DE OCUPACIONES 2015. INEI.

MEF 2022. Transparencia Económica. Ministerio de Economía y finanzas.

UNESCO 2023. Science, technology, and innovation Indicators. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Disponible en: [http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN\\_DS](http://data.uis.unesco.org/Index.aspx?DataSetCode=SCN_DS)

## **ANEXO DE CUADROS**

**Cuadro A1**  
**Sectores Productivos de la Matriz Insumo Producto del Perú, 2019**

No	Descripción
<b>Grupo I: Sectores primarios que explotan recursos naturales</b>	
<b>Productos Exportables e Importables (4)</b>	
1	Productos agropecuarios, de caza y silvicultura
2	Productos de la pesca y acuicultura
3	Petróleo crudo, gas natural y servicios conexos
4	Productos minerales y servicios conexos
<b>Grupo II: Sectores Secundario y Terciario</b>	
<b>II.1 Productos Exportables e Importables (37)</b>	
5	Preservación de pescado, harina y aceite de pescado
6	Aceites y grasas de origen vegetal y animal
7	Productos lácteos
8	Productos de molinería, fideos, panadería y otros
9	Azúcar
10	Otros productos alimenticios, carnes, menudencias, cueros y subproductos de la matanza, conservas de frutas y vegetales y alimentos preparados para animales
11	Bebidas y productos del tabaco
12	Textiles
13	Prendas de vestir
14	Cuero y Calzado
15	Madera y productos de madera
16	Papel y productos de papel
17	Productos de imprenta y reproducción de grabaciones
18	Petróleo refinado
19	Sustancias químicas básicas y abonos
20	Productos químicos
21	Productos farmacéuticos y medicamentos
22	Productos de caucho y plástico
23	Productos minerales no metálicos
24	Productos de siderurgia
25	Metales preciosos y metales no ferrosos
26	Productos metálicos diversos
27	Maquinaria y equipo
28	Material de transporte
29	Muebles
30	Otros productos manufacturados diversos y productos informáticos, electrónicos y ópticos
31	Servicio de electricidad, gas y agua
33	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas
34	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
35	Alojamiento y restaurantes y agencias de viaje y operadores turísticos
36	Telecomunicaciones
37	Otros servicios de información y comunicación
38	Servicios financieros, de seguros y pensiones
39	Actividades inmobiliarias/ Alquiler de vehículos, maquinaria y equipo y otros
40	Servicios profesionales, científicos y técnicos y otros servicios administrativos y de apoyo a empresas
42	Educación y Salud (incluye servicios sociales, de salud, educación, de asociaciones u organizaciones no mercantes y otras actividades de servicios personales)
<b>II.2 No transables (1)</b>	
41	Servicios de administración pública, defensa y otros
32	Construcción

Fuente: INEI (2022). Elaboración propia

<b>Cuadro A2</b>	
<b>Sectores Agregados</b>	
<b>Sector Agregado</b>	<b>Sectores</b>
<b>Agricultura</b>	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura
<b>Pesca</b>	Pesca y acuicultura
<b>Hidrocarburos</b>	Extracción de petróleo crudo, gas natural y servicios conexos
<b>Minería</b>	Extracción de minerales y servicios conexos
<b>Manufactura</b>	Elaboración y preservación de pescado, harina y aceite de pescado
	Elaboración de aceites y grasas de origen animal y vegetal
	Elaboración de productos lácteos
	Elaboración de productos de molinería, fideos, panadería y otros
	Elaboración y refinación de azúcar
	Elaboración de otros productos alimenticios, carnes, menudencias, cueros y subproductos de la matanza, conservas de frutas y vegetales y alimentos preparados para animales
	Elaboración de bebidas y productos del tabaco
	Fabricación de textiles
	Fabricación de prendas de vestir
	Fabricación de cuero y calzado
	Fabricación de madera y productos de madera
	Fabricación de papel y productos de papel
	Impresión y reproducción de grabaciones
	Refinación de petróleo
	Fabricación de sustancias químicas básicas y abonos
	Fabricación de productos químicos
	Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos
	Fabricación de productos de caucho y plástico
	Fabricación de productos minerales no metálicos
	Industria básica de hierro y acero
	Industria de metales preciosos y de metales no ferrosos
	Fabricación de productos metálicos diversos
	Fabricación de maquinaria y equipo
	Construcción de material de transporte
	Fabricación de muebles
	Otras industrias manufactureras
	Electricidad, gas y agua
<b>Construcción</b>	Construcción
<b>Comercio</b>	Comercio, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas

<b>Cuadro A2</b>	
<b>Sectores Agregados</b>	
<b>Sector Agregado</b>	<b>Sectores</b>
<b>Transporte y Comunicaciones</b>	Transporte, almacenamiento, correo y mensajería
	Alojamiento, restaurantes, agencias de viaje y operadores turísticos
	Telecomunicaciones
	Otros servicios de información y comunicación
<b>Educación y Salud</b>	Servicios sociales, de salud, educación, de asociaciones u organizaciones no mercantes y otras actividades de servicios personales
<b>Otros Servicios</b>	Electricidad, gas y agua
	Servicios financieros, de seguros y pensiones
	Servicio inmobiliario, alquiler de vivienda, alquiler de vehículos, maquinaria, equipo y otros de arrendamiento
	Servicios profesionales, científicos y técnicos y otros servicios administrativos y de apoyo a empresas
	Administración pública y defensa

**Fuente:** Elaboración propia.

**Cuadro A3**  
**Carreras STEM que se encuentran dentro de la PEAO (año 2019)**

<b>Carreras</b>	<b>Código</b>
Biología	411016
Biología en acuicultura	411026
Biología marina y econegocios	411036
Biología y microbiología	411046
Biotecnología	411056
Botánica	411066
Ciencias biológicas	411076
Ingeniería biotecnológica	411096
Microbiología	411106
Microbiología y parasitología	411116
Zootecnia	412015
Ingeniería zootecnia (se incluye la carrera de ing de zootecnia, ingeniería zootécnica e ingeniería de zootecnista)	412016
Zootecnia	412026
Hidrografía y navegación	413015
Meteorología	414015
Ciencias físico matemática (incluye la carrera de físico – matemáticas)	421016
Física	421026
Ingeniería física	421046
Análisis químico	422015
Ingeniería de procesos químicos y metalúrgicos	422016
Química industrial	422025
Ingeniería química	422026
Tecnología de análisis químico	422035
Química	422036
Geología	423016
Ingeniería de geología - geotecnia	423036
Ingeniería geofísica	423046
Ingeniería geológica	423056
Matemática (incluye la carrera de matemáticas)	431016
Matemática aplicada	431026
Matemática e informática	431036
Estadística	432016
Estadística e informática	432026
Ingeniería estadística	432036
Ingeniería estadística e informática	432046
Investigación operativa	433016
Ciencias de la computación	441016
Administración informática de empresas	441025
Administración y sistemas	441035
Análisis de sistemas	441045
Computación e informática	441046
Análisis de sistemas y modelación de base de datos	441055
Informática	441056
Analista	441065
Analista programador	441075
Computación	441085
Computación e informática	441095

**Cuadro A3**  
**Carreras STEM que se encuentran dentro de la PEAO (año 2019)**

<b>Carreras</b>	<b>Código</b>
Computación y administración de sistemas	441105
Computación y sistemas	441115
Informática	441125
Micro computación e informática	441135
Procesamiento de datos	441145
Programación	441155
Redes y comunicaciones	441175
Redes y seguridad informática	441185
Reparación de computadoras	441195
Reparación de computadoras y redes	441205
Seguridad informática	441215
Sistemas de información	441225
Sistemas informáticos para la productividad	441235
Software y sistemas	441245
Soporte de sistemas y redes	441255
Ingeniería de seguridad y auditoría informática	511016
Ingeniería de sistemas	511026
Ingeniería de sistemas de información	511036
Ingeniería de sistemas e informática (se incluye la carrera de ingeniería informática y de sistemas)	511056
Ing de sistemas y computación (se incluye la carrera de ing de computación y sistemas e ing de sistemas y cómputo)	511076
Ingeniería de sistemas y gestión de tecnologías de la información	511086
Ingeniería de sistemas y telemática	511106
Ingeniería de sistemas y tecnológicas	511116
Ingeniería de software	511126
Ingeniería de tecnologías de la información y sistemas	511136
Ingeniería informática	511156
Ingeniería informática y estadística (se incluye la carrera de ingeniería de informática y estadística)	511166
Ingeniería de redes y comunicaciones	512016
Sistemas de telecomunicaciones	512025
Técnica en ingeniería de sonidos	512035
Ingeniería de telecomunicaciones (se incluye la carrera de ing de las telecomunicaciones e ing en telecomunicaciones)	512046
Técnica en ingeniería de telemática	512055
Telecomunicaciones	512065
Procesos industriales y de sistemas	521015
Ingeniería ambiental y de prevención de riesgos	521016
Salud y seguridad ocupacional	521025
Ingeniería de higiene y seguridad industrial	521026
Ingeniería industrial	521046
Ingeniería industrial y comercial	521056
Ingeniería industrial y de gestión empresarial	521066
Ingeniería industrial y sistemas	521076
Gastronomía industrial	522015
Industrias alimentarias	522016
Industrias alimentarias	522025

**Cuadro A3**  
**Carreras STEM que se encuentran dentro de la PEAO (año 2019)**

<b>Carreras</b>	<b>Código</b>
Ingeniería alimentaria (incluye la carrera de ingeniería de alimentos)	522026
Industrias alimentarias lácteas	522035
Ingeniería de industrias alimentarias (incluye la carrera de ing de industria alimentaria e ing industrias alimentarias)	522036
Agroindustrias	523015
Agroindustrias	523016
Ingeniería agroindustrial	523026
Viticultura y enología	523035
Ingeniería agroindustrial y comercio exterior	523046
Electricidad	524015
Ingeniería de sistemas de energía (actualmente el nombre de la carrera es ingeniería de la energía)	524016
Electricidad industrial	524025
Ingeniería eléctrica	524026
Electrotecnia industrial	524035
Técnicas de ingeniería eléctrica	524045
Ingeniería eléctrica y electrónica	524046
Ingeniería en energía	524056
Electrónica	525015
Ingeniería electrónica	525016
Electrónica aeronáutica	525025
Electrónica de microcomputadoras	525035
Ingeniería electrónica - mecatrónica	525036
Electrónica de sistemas industriales	525045
Ingeniería electrónica - telecomunicaciones	525046
Electrónica digital	525055
Electrónica industrial	525065
Ingeniería electrónica y telecomunicaciones	525066
Electrónica y automatización industrial	525075
Electrónica de sistemas computarizados	525085
Sistemas automáticos programables	525095
Técnicas de ingeniería electrónica	525105
Aeronáutica	526015
Ingeniería de materiales	526016
Ingeniería electromecánica	526026
Aviónica	526035
Ingeniería mecánica	526036
Mantenimiento de aeronaves	526045
Ingeniería mecánica de fluidos	526046
Mantenimiento de estructuras	526055
Ingeniería mecánica eléctrica (incluye la carrera de ingeniería mecánica-eléctrica e ingeniería mecánica y eléctrica)	526056
Mantenimiento de maquinaria	526065
Ingeniería mecánica eléctrica y mecatrónica	526066
Mantenimiento de maquinaria de planta	526075
Ingeniería mecatrónica	526076
Mantenimiento de maquinaria pesada	526085
Mantenimiento de motores, hélices y unidad de potencia auxiliar	526095

**Cuadro A3**  
**Carreras STEM que se encuentran dentro de la PEAO (año 2019)**

<b>Carreras</b>	<b>Código</b>
Mantenimiento y operación de armamento y equipos auxiliares	526115
Maquinas navales	526125
Mecánica aeronáutica	526135
Mecánica aeronaval	526145
Mecánica agrícola	526155
Mecánica automotriz	526165
Mecánica de mantenimiento	526175
Mecánica de producción	526185
Mecánica hidráulica	526195
Motores	526205
Operación de máquinas, herramientas y control numérico	526215
Técnica en ingeniería mecánica de mantenimiento	526225
Técnica en ingeniería mecánica de producción	526235
Tecnología mecánica eléctrica	526245
Concentración de minerales	527015
Ingeniería de minas	527016
Explotación minera	527025
Ingeniería de minas y maquinaria pesada	527026
Geología de minas	527035
Ingeniería de petróleo	527036
Metalurgia	527055
Ingeniería metalúrgica (incluye la carrera de ingeniería de metalúrgica)	527056
Ingeniería metalúrgica y de materiales (incluye la carrera de ingeniería metalúrgica y de materiales)	527066
Ingeniería petroquímica	527076
Diseño de modas	528015
Ingeniería textil	528016
Diseño de modas y modistería industrial	528025
Ingeniería textil y confecciones (incluye la carrera de ingeniería textil y de confecciones)	528026
Diseño textil	528035
Gestión de modas y confecciones	528055
Gestión de la producción en la industria de las confecciones	528065
Producción textil	528105
Aerofotografía	531015
Ingeniería civil	531016
Construcción civil	531025
Ingeniería civil y ambiental	531026
Dibujo en construcción civil	531035
Edificaciones	531045
Ingeniería civil y diseño arquitectónico	531046
Ingeniería topográfica y agrimensura	531056
Laboratorio de suelos, concreto y asfalto	531075
Suelos, concreto y asfalto	531085
Topografía	531095
Topografía superficial y minera	531105
Ingeniería sanitaria	532016
Ingeniería sanitaria y ambiental	532026

**Cuadro A3**  
**Carreras STEM que se encuentran dentro de la PEAO (año 2019)**

<b>Carreras</b>	<b>Código</b>
Ingeniería de la producción e industrialización de recursos hidrobiológicos	591016
Producción en pesquería	591025
Ingeniería pesquera	591026
Tecnología pesquera	591035
Pesquería	591036
Ciencias navales	592026
Ingeniería aeronáutica	592036
Ingeniería de navegación y marina mercante	592046
Ingeniería hidráulica	592066
Geografía	593016
Ingeniería geográfica	593036
Ciencia tecnología y ambiente	594016
Medio ambiente	594025
Medio ambiente y recursos naturales	594035
Ingeniería ambiental	594056
Ingeniería ambiental y recursos naturales	594066
Ingeniería de recursos naturales y energías renovables	594076
Ingeniería en ecología de bosques tropicales	594096
Ingeniería en ecoturismo	594106
Ingeniería en gestión ambiental (incluye la carrera ingeniería y gestión ambiental)	594116
Meteorología	594126
Ingeniería automotriz	599016
Ingeniería biomédica	599026
Ingeniería de transportes	599046
Agronomía	611016
Agronomía tropical	611026
Ciencias agrarias	611036
Ingeniería agraria	611066
Ingeniería agrícola	611076
Ingeniería agrónoma	611106
Ingeniería agronómica	611116
Ingeniería agropecuaria	611136
Ciencias forestales	612016
Ciencias forestales y del ambiente	612026
Ingeniería agroforestal	612036
Ingeniería agroforestal acuícola	612046
Ingeniería forestal	612056
Ing forestal y del medio ambiente (incluye la carrera de ing forestal y medio ambiente e ing forestal y ambiental)	612066
Acuicultura	613016
Ingeniería en acuicultura	613026