

**TECNOLOGÍAS 4.0 EN EL DESARROLLO Y CRECIMIENTO DE ECONOMÍA
COLOMBIANA: REVISIÓN DE LITERATURA DESDE EL SECTOR
CAFETERO**

Felipe Arroyo Meza

Asesor: Camilo Jiménez

Universidad EAFIT

Escuela de Economía, Finanzas y Gobierno

Economía

Medellin

2022

Índice

Resumen.....	3
Introducción.....	4
Pregunta de Investigación.....	9
Objetivos.....	9
Justificación.....	9
Análisis Teórico y Antecedentes.....	17
Conductores de Crecimiento y Desarrollo.....	28
Análisis de Variables Económicas.....	29
Conclusiones.....	33
Bibliografía.....	37

1. Resumen

El análisis de datos y las tecnologías aplicadas son una realidad hoy en día y el sector agrícola no es ajeno a ello. Colombia es un país cuyo PIB tiene un alto componente agrario y dentro de este, el café ocupa un importante lugar y es un producto de alto impacto socioeconómico ahora e históricamente, pues de su productividad y estabilidad ha dependido en ciertos periodos, el rumbo económico que el país ha tomado. Para la producción de café, Colombia dispone de grandes extensiones de tierra y su ubicación geográfica es ideal para la siembra y procesamiento de café y otros productos agrícolas, sin embargo, el país se encuentra altamente rezagado tanto en productividad como en competitividad, esto en gran medida explicado por la forma rudimentaria y atrasada en la que la industria desarrolla sus procesos productivos, y aunque el café es el principal producto agrícola nacional, donde el cultivo permanente de café y la elaboración de productos de café representó el 0,91% y el 0,08% del PIB total respectivamente, sus técnicas también se encuentran rezagadas, con procesos demasiado dependientes de capital humano. El presente trabajo de grado evaluó mediante una exhaustiva revisión literaria la viabilidad y potencial impacto de tecnologías 4.0 de mapeo, análisis de datos, monitoreo constante, *Blockchain* e IoT en el campo colombiano, específicamente en la producción cafetera, sus antecedentes, limitantes, perspectivas y potencial futuro, para así, analizar como la inversión pública en estas tecnologías disruptivas en un campo con procesos y mentalidad retrasada, puede implicar mejoras productivas y competitivas tanto para los pequeños y grandes actores involucrados en el sector cafetero como en el desarrollo y crecimiento de la economía nacional.

2. Introducción

Los grandes cambios en las dinámicas globales tanto sociales como económicas han estado notablemente explicadas por Revoluciones Industriales, la primera de estas, a finales del siglo XVIII trajo consigo la introducción de técnicas y maquinaria aplicados a la producción impulsados por la mecanización y las energías renovables, luego, a finales del siglo XIX, vino la Segunda Revolución Industrial, la cual estuvo enfocada en la producción en masa mediante la división de la misma producción y el trabajo y el uso de energías más eficientes como la electricidad, posterior a esta, vino la Tercera Revolución Industrial a mediados del siglo XX, donde se inició el uso de la computación y la tecnología de la informática para la automatización de procesos y maquinaria autónoma, todos estas revoluciones han impactado tanto en producción industrial como en la comunicación, las redes y el sector agrícola, hoy en día muchos de dichos avances son aplicables a productos como el café, industria con un alto componente de capital humano poco cualificado ubicado en zonas rurales con poco acceso a conectividad, sin embargo, con el paso del tiempo, herramientas y técnicas han permeado la producción cafetera, de manera precaria, pero impactando en mayor eficiencia logrando beneficios superiores para los productores y mejores productos para los consumidores (MinTIC, 2019)

A día de hoy estamos presenciando la cuarta revolución industrial, coyuntura histórica que ha llevado a la automatización de muchos procesos mediante nuevas tecnologías como el internet de las cosas, *big data*, la nube, inteligencia artificial e impresión 3D, dichos avances han llevado a países como Estados Unidos o Japón a mejoras agrícolas monetizables y tangibles en productividad y

competitividad (Hofmann & Rüschi, 2017; Schwab & Davis, 2018). El sector agro es un claro ejemplo de ello, pues la tecnología 4.0 ha impactado en gran medida en los procesos productivos y los resultados obtenidos, mediante el control de la producción en la situación del mercado maximizando las ganancias y minimizando los costos, controlando las cadenas de suministro de alimentos permitiendo el monitoreo de cada etapa del ciclo de vida del producto, e identificando automáticamente cualquier causa en un producto defectuoso aumentando la utilidad y seguridad del producto final, a través de información transparente, directa y en tiempo real (Lima et al. 2020). Colombia es un país que se ha caracterizado por su producción cafetera de calidad, producto con alto potencial en la competitividad global del comercio; el país dispone de un extenso territorio para la producción cafetera, según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, el país tiene más de 26 millones de hectáreas con vocación productiva agrícola, alrededor del 23% del suelo nacional, sin embargo, apenas alrededor de 5 millones de hectáreas son utilizadas para fines agrícolas y de estas, apenas 845 mil hectáreas son utilizadas para la producción cafetera (Federación Nacional de Cafeteros, 2021), esta problemática de falta de aprovechamiento del potencial de espacio disponible se suma al carente acceso a tecnologías de la población en sectores rurales donde la pobreza es considerable, la corrupción desvía la inversión pública y el conflicto armado altera las dinámicas sociales, todo esto afecta en gran medida el acceso a un nivel digno de calidad de vida de comunidades rurales, dando como resultado comunidades del sector cafetero nacional rezagadas en calidad de vida y productividad, comparada frente a países como Brasil o Vietnam (Bujang & Bakar, 2019)., denotando una brecha gigante frente al contexto global de

comercio y poniendo en grande riesgo los objetivos de sostenibilidad ambiental, social y alimentaria.

La inversión pública históricamente en el país ha sido segada y erróneamente invertida, enfocándose en subsidios y alivios transitorios, y la inversión privada nacional y extranjera no es consistente respecto a otros países por el riesgo en inestabilidad política y social que Colombia presenta. Según el Ministerio de Agricultura y Desarrollo rural, Colombia es el país que más ayudas generan al agricultor como porcentaje del PIB nacional y agropecuario, del 100% que el gobierno entrega al campesino, el 92% es entregado en forma de subsidios y solo el 8% para bienes públicos como asistencia y acondicionamiento técnico, Infraestructura, conocimiento, etc. (El Espectador, 2014), dato que demuestra que el acompañamiento que el estado brinda a productores no es integral, sino que van enfocados a suplir vacíos de forma económica directa que muchas veces ve el dinero tergiversado en el pago de sobornos y corrupción, así como en inversión, no en desarrollo sino de alivios temporales insuficientes e ineficaces.

Sin embargo, el axioma de que cada día se necesitan más cosas más rápidas, a un mejor precio, con mejor calidad y en mayor cantidad, todo incluido de mayores ingresos por lo que hacemos, es un pilar presente en todo el mundo; en países como Colombia, el lograr este objetivo tiene una contraparte en el sector cafetero, donde la mayoría de personas ocupadas en dicha industria en zonas rurales son personas con poca educación y escasamente cualificadas, por lo que avances tecnológicos pueden comprometer su sostenibilidad social y económica, derivado de esto, el impacto social y económico desagregado en las

población es algo primordial al evaluar viabilidad e inversión en tecnologías 4.0 al sector cafetero.

Históricamente, la industria cafetera colombiana ha sido repulsiva al cambio con innovación y se ha mantenido fiel a sus costumbres de procesos manuales en gran medida (Federación Nacional de Cafeteros, 2021), sin embargo, existen procesos de tecnificación y digitalización muy aplicables a la industria cafetera, como lo son sistemas de siembra, riego, monitoreo, cultivo y alerta inteligente de los cultivos medio del Internet de las Cosas, *Blockchain* para el monitoreo y rastreo de envío, distribución y exportación de cosechas y productos intermedios, accesibilidad a contenido, comunicación, información y educación en la nube, *machine learning* para reemplazar los trabajos más manuales y repetitivos y sistemas inteligentes de mapeo y recolección de datos para tomar mejores decisiones basados en evidencia mediante *Big Data*, avances que permeando de manera adecuada la industria y los procesos específicos, podrían traer un impacto considerable de acuerdo a su adaptabilidad y viabilidad.

Las dinámicas globales comerciales están en constante crecimiento en función de los avances tecnológicos: productos agrícolas con un alto potencial como el café en Colombia, se han convertido en un punto de innovación, donde un conjunto de tecnologías disruptivas tiene un muy alto impacto en la cadena de valor agroalimenticia y posibles impactos mayores en el futuro en la industria (Lima et al. 2020). Dicha innovación viene explicada por inversiones sociales bien enfocadas por parte del sector público y una inversión privada impulsada por seguridad en aras de beneficios particulares.

Los avances de las TIC se han extendido a toda la economía, redefiniendo las relaciones de producción entre empresas y personas, resultando en una combinación más eficiente de factores de producción, de modo que el mismo stock de factores conduce a un mayor nivel de producción (Milanez et al, 2020), esto buscan entidades gubernamentales como el Ministerio de Tecnología y Comunicaciones (Mintic de Colombia) y la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria, quienes ponen en un foco principal la inversión en tecnología para el sector cafetero colombiano desde un punto de vista social integral, y quienes fomentan la innovación e implementación de técnicas nuevas para estimular el crecimiento y desarrollo de este sector, con el fin de transformar al país en un productor socialmente responsable y con la fortaleza de competir en otros mercados a nivel internacional, por calidad, variedad y precio (Zamudio, 2021).

Como tal, el trabajo a desarrollar se centró en primera instancia a justificar de manera histórica y desagregada la economía colombiana desde el componente cafetero, luego a describir su actualidad, la coyuntura que vive y sus implicaciones, rezagos e impacto social, posterior a ello se procedió a identificar las principales barreras que la inversión en tecnología enfrenta en el país, así como las aplicaciones y viabilidad de la tecnología 4.0 en el sector cafetero, posterior a ello se determinaron conductores asociados a las tecnologías 4.0 en el café que puedan llevar al desarrollo socioeconómico como el crecimiento económico inclusivo en productividad y consecuentes beneficios económicos de los pequeños involucrados, finalizando con un análisis económico que potencialmente tengan un impacto tanto en indicadores de crecimiento como de desarrollo económico.

3. Pregunta de investigación: ¿La inversión en tecnologías 4.0 en la industria del café podría beneficiar el crecimiento y desarrollo de la economía colombiana?

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Desde una revisión de literatura, determinar cómo y por qué la inversión en tecnologías 4.0 en el sector cafetero puede tener un impacto en el desarrollo y crecimiento de la economía nacional.

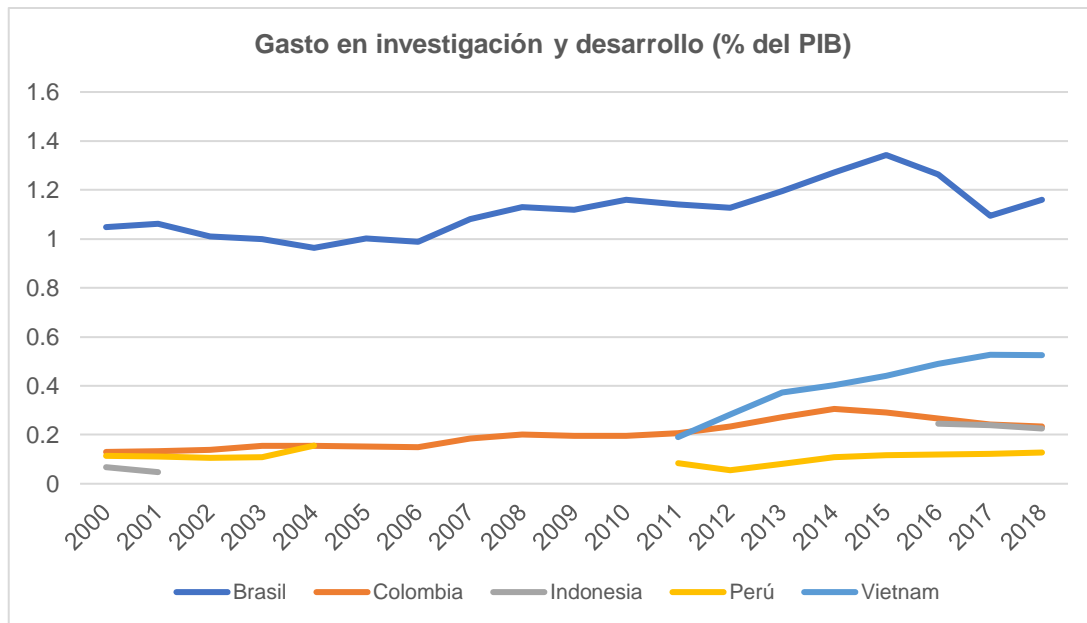
4.2. Objetivos Específicos

- Realizar una especificación literaria y con datos de la industria cafetera actual, sus precedentes, modelo productivo y principales rezagos.
- Determinar las principales barreras y aplicaciones para la adaptación de este tipo de tecnologías al campo cafetero colombiano.
- Establecer cuales tecnologías 4.0 aplicadas al sector cafetero pueden aportar a la competitividad global de Colombia mediante conductores económicos específicos.
- Analizar el impacto socioeconómico nacional en términos de desarrollo y crecimiento económico a través del desarrollo de la industria, basándose en revisión y comparación literaria de casos similares al colombiano.

5. Justificación

La tecnología 4.0 digital y de Internet se definen como nuevos métodos que permiten procesos de producción completamente automatizados donde los

objetos físicos (máquinas) interactúan sin que se dé la participación humana (MinTIC, 2019), comprendida en procesos de análisis de datos, Internet of Things, mapeo digital y *Blockchain*. El sector agro en países desarrollados dispone mucho de estos avances, beneficiando la productividad y rentabilidad de las personas y las empresas. El caso colombiano es distinto a ello, un país con condiciones espaciales favorables para actividades agrícolas productivas, con una topografía ideal y ventajas climáticas únicas para ser un competidor a primer nivel en el comercio global agrícola, especialmente del café. Y es que en términos de productividad nuestro país se encuentra altamente rezagado y con una brecha considerable frente a países con menos territorio y menos capital humano (Cerón, 2020); Colombia ocupa el tercer puesto a nivel global en producción de café con 14.1 millones de sacos de 60 kilos de café verde producidos en 2020 según la Organización Internacional del Café (OIC), producción que no aprovecha de todas las virtudes naturales y tecnológicas, como lo hacen Brasil y Vietnam, países para los cuales en el mismo año, produjeron 4.1 y 2.1 veces más café que Colombia, resultados derivados de una industria cafetera innovadora con procesos más tecnificados y con capital humano altamente capacitado, con enfoque innovador que busca la eficiencia procesal, no solo en la entrega de producto final, sino con alto impacto en el desarrollo social y económico de la industria, una idea de esto se puede demostrar mediante la Grafica No. 1, la cual demuestra el gasto en investigación y desarrollo de cinco países productores de café, donde consecuente con los niveles de producción, Brasil y Vietnam presentan gastos en I+D mayores frente al gasto colombiano, el cual desde 2014 hasta 2018 había incluso, presentado un decrecimiento constante.



Grafica No. 1: Gasto en investigación y desarrollo (% del PIB) (Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2022)

5.1. Caracterización histórica del sector

La industria cafetera se ha demostrado en la cotidianidad como en la complejidad económica como un mercado imprescindible e integral dentro de la economía colombiana, desde los pequeños involucrados en la producción y hasta el consumo final son parte de muchas variables económicas y sociales que impactan en cierta medida a los colombianos. Para entender cómo el sector cafetero colombiano ha llegado a este punto de rezago e incompetencia, hay que entender su evolución e incidencia en la historia y la economía colombiana, la cual es una historia llena de cambios y crisis que, si bien han golpeado este sector, han hecho que este mismo se vuelva más dinámico y eficiente en producción. Desde su independencia, Colombia ha estado bastante anclada al cultivo de café, un producto con gran viabilidad en el país dada su topografía y que representaba una competitividad considerable en el mercado internacional (Kalmanovitz & López, 2003), durante el inicio del siglo XX, su producción jalonó

el crecimiento de la economía nacional. Al hablar de los inicios y la consolidación de la industria en el país, se deben identificar cuatro periodos característicos: (1) el establecimiento de la industria cafetera la cual se dio entre 1880 y 1910, donde desde Santander se empezó a sembrar el grano para luego expandirse por el país especialmente a Cundinamarca, Tolima y Antioquia, dicho periodo estuvo en gran medida correlacionado y explicado por la expansión de las vías férreas en el país, periodo en el cual los comerciantes y productores extractivos de productos como algodón y cacao se desplazaron hacia el sector cafetero, viendo el potencial del grano y su rentabilidad, posterior a ello (2) la expansión pre-capitalista entre 1910 y 1930 transformó la estructura socioeconómica del país, y de manera conjunta, el principal motor de esta transformación fue el auge del café, donde colonizaciones forzosas hicieron que, si bien la productividad cafetera aumentará, las inequidades y desigualdades socioeconómicas se acentuaran de igual manera entre grandes hacendados y pequeños productores campesinos, para esta época, las exportaciones de café vieron su principal boom, siendo Estados Unidos el principal mercado de exportación derivado de la organización de la producción cafetera y la transformación del panorama agrario y productivo nacional, (3) la transición al capitalismo entre 1940 y 1970 estuvo muy marcada por los precios del café, pues como previamente dicho producto había sido el principal motivador de la producción y acumulación de riqueza, no solo los ingresos de los productores y en general de la economía circular venían del valor del grano, sino que los ingresos del estado se explicaban en gran medida por los impuestos que gravaban la producción y la importación del café, para esta época se creó el Fondo Nacional de Cafeteros, lo que permitió regular el mercado y estabilizar los precios y producción interna, por ultimo (4)

desde 1970 la modernización de la industria cafetera y su crisis estructural (Machado, 2001), época en la que los precios del grano han sido mayores pero más volátiles dada la mayor demanda global y su inmersión en la bolsa de valores de Nueva York ha hecho que se incremente la inversión privada y se deba hacer cambios estructurales en torno a la producción, pero desafortunadamente, incrementando la desigualdad entre el pequeño productor campesino, los trabajadores de los cafetales y los dueños de haciendas y plantaciones cafeteras grandes.

Consecuente con la historia, el café, se constituyó como la principal industria exportadora del país de origen agrario, propició con su difusión el cambio y crecimiento económico y social. La importancia del café como industria, se consolidó como una actividad socialmente productiva, por sus efectos de arrastre e impulso a industrias complementarias. El principal efecto virtuoso de la industria del café es el haberse convertido en una fuente estable de acumulación del ingreso, generadora de empleo, repartidora del ahorro interno, y generadora de divisas para el uso y consumo en la economía doméstica (Pérez, 2013). De ello el interés en la búsqueda de literatura basada en como el sector cafetero se puede ver altamente potenciado por la innovación en tecnologías 4.0, conociendo las consecuencias e impacto, así como las formas de disrupción y los limitantes que esta misma presenta desde al sector público.

5.2. Actualidad del sector

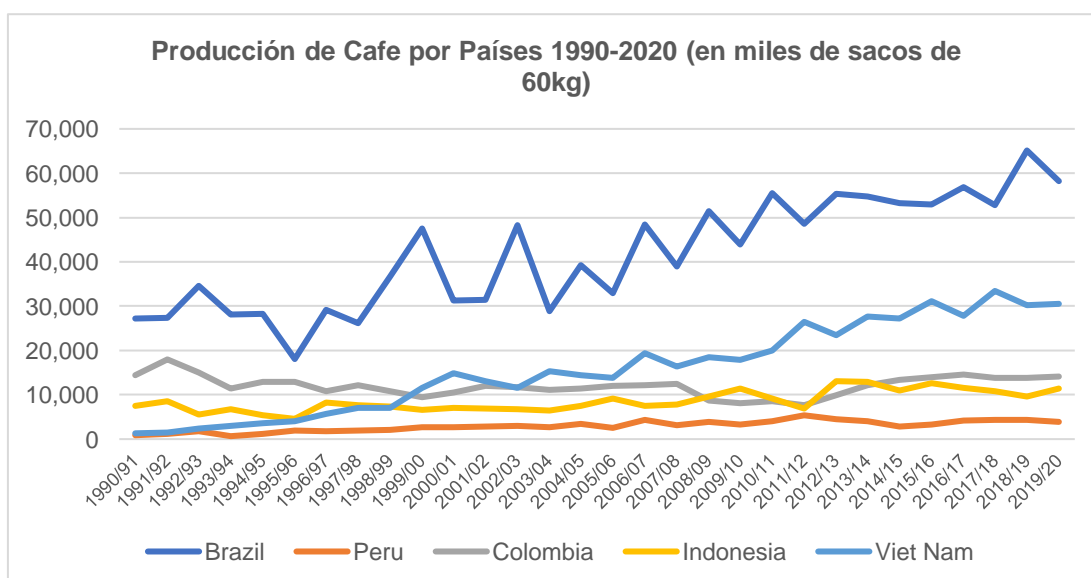
El contexto global del sector agrario y cafetero vive dos grandes cambios: la remodelación de la demanda de alimentos y la transformación tecnológica. El

primero se explica por la relación de la producción de alimentos con el comportamiento humano, cambios socioculturales y dinámicas económicas. El segundo, por los efectos de la convergencia de tecnologías en la cadena de valor de la agricultura (Cerón, 2020), si bien, no es posible predecir al cien por ciento los cambios a futuro del primer tipo, si es muy factible e imprescindible adaptar el sector cafetero colombiano a la vanguardia tecnológica mundial.

La industria cafetera es un rubro donde tanto el gobierno como particulares tienen buenas objetivos y proyecciones para invertir socialmente y para desarrollar innovación y sostenibilidad, sin embargo, los resultados no son de la magnitud positiva que se espera en el ámbito social y económico, esto es resultado de inversiones mal enfocadas, malversación de dineros y/o mal uso de los recursos invertidos (El Espectador, 2014), no logrando estimular la eficiencia productiva que induzca a mayores ingresos a los productores y mejores productos a los consumidores. Derivado de esto, se planteó evaluar, como solución a esta problemática, la inversión en tecnologías 4.0 al campo colombiano, impactando no solo a grandes empresas productoras sino también a medianos productores y campesinos, pretendiendo poder incrementar la productividad de involucrados sin comprometer la calidad de vida de la población, impactando en el crecimiento y desarrollo nacional.

Según la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), de 114 millones de hectáreas con las que cuenta el país, 26 millones tienen posibilidades para la producción agrícola, pecuaria y forestal, y solo se produce en 6.3 millones de hectáreas (24,2%), de estas, 844.744 hectáreas corresponden a cultivos de

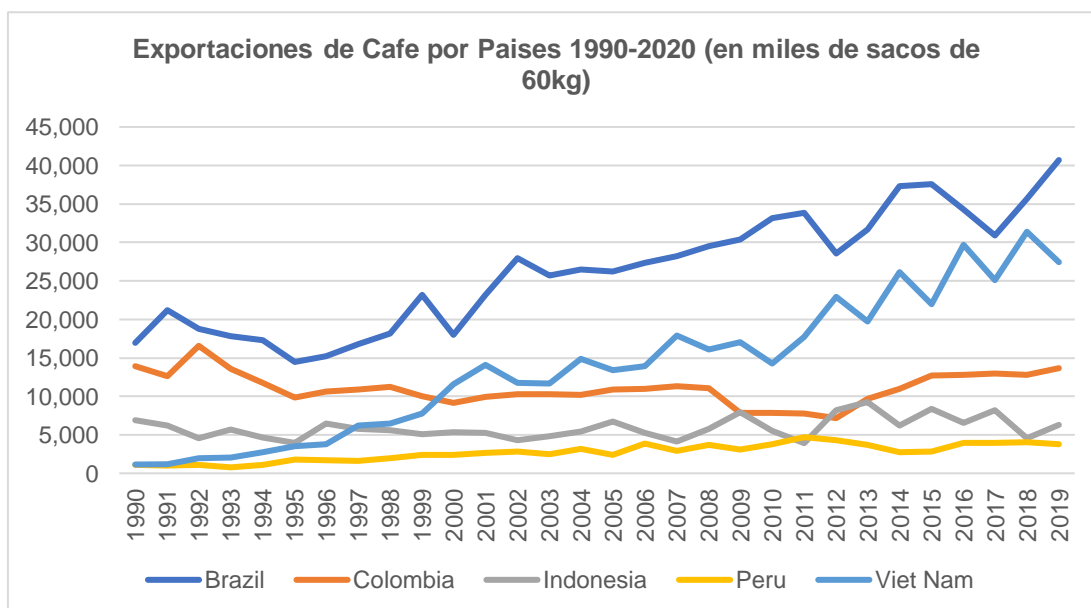
café de 546.382 familias cafeteras ubicadas en 23 departamentos y 604 municipios, donde su productividad está cercana a los 19.4 sacos por hectárea (Ministerio de Agricultura, 2021). Desarrollar una industria cafetera inclusiva, competitiva, aprovechable y avanzada es un componente esencial para la generación de empleo, mayores ingresos y más oportunidades (Da Silva et al. 2009) para esto es necesario un trabajo mancomunado del sector publico invirtiendo socialmente y de manera inclusiva, y una inversión privada considerable, pudiendo lograr un mayor y más eficaz aprovechamiento de recursos y factores disponibles en el país. Como se logra ver en la Gráfica No. 2, la producción de café en Colombia no ha demostrado un crecimiento estable sostenido, comparado con Brasil o Vietnam, cuyas producciones, si bien han sido más volátiles, también han ido en un constante aumento, de la mano de lo que se veía en la Gráfica no. 1 donde estos dos mismos países presentaban los gastos en I+D más altos; de manera paralela se aprecia que la producción de Indonesia en ciertos periodos ha sido mayor a la de Colombia, y han presentado niveles bastante próximos de producción así como de gasto en I+D, al menos, en los últimos periodos.



Gráfica No. 2: Producción de Café por Países 1990-2020 (en miles de sacos de 60kg) (Elaboración propia con datos de la Organización Internacional del Café, 2021)

La inversión en tecnologías agro 4.0 plantea una solución factible en Colombia que puede impactar en aspectos sociales y económicos, los cuales mediante este artículo se buscarán determinar, estableciendo las características del sector cafetero nacional, sus implicaciones e involucrados.

Después del petróleo, el café es el *commodity* mas comercializado en todo el mundo (Cubillos et al, 2021), ambos productos presentan una gran importancia para la economía colombiana, sin embargo, el café es una industria mucho más sostenible y a la que la inversión en tecnología y sostenibilidad no se le da la relevancia que merece comparada con el primer producto mencionado. La Gráfica No. 3 demuestra como a inicios de la década de los 90, las exportaciones de café colombiano eran bastante próximas a las exportaciones de Brasil y mucho mayores que las de Vietnam, sin embargo con el transcurrir del tiempo, se logra observar como estos dos últimos países han incrementado sus exportaciones notablemente mientras que Colombia no ha presentado un crecimiento sostenible, esto va de la mano con la producción de cada país y la inversión en I+D como se vio en las gráficas previas.



Grafica No. 3: Exportaciones de Café por Países 1990-2020 (en miles de sacos de 60kg) (Elaboración propia con datos de la Organización Internacional del Café, 2021)

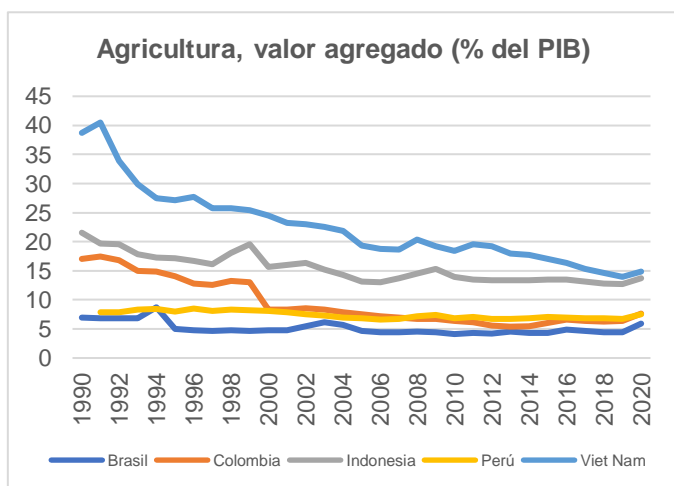
Aunque la inversión e implementación de tecnologías 4.0 en la industria cafetera es un reto no fácil de alcanzar dada la topografía nacional, la prevención de las personas y cooperativas involucradas en la industria y la falta de conectividad, esta tecnología presentan un futuro prometedor en los potenciales resultados que puede entregar en productividad y sostenibilidad cafetera, consecuente con la intención privada y pública de conseguir estos últimos, es imprescindible la pronta recolección y análisis de datos de los campos de siembra, la implementación de técnicas más avanzadas, y la capacitación tecnológica del capital humano asociado al trabajo en el campo (Sott, 2020).

6. *Análisis teórico y antecedentes*

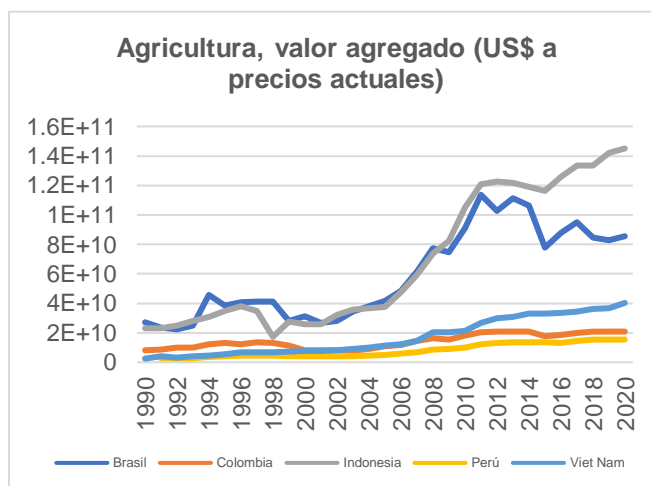
La economía colombiana se explica en cierta medida por el sector del agro, de acuerdo con las cifras del DANE para el 2020, el 7.65% del PIB nacional fue explicado por dicho sector, y de ese sector, el 15% fue aportado por la industria cafetera, esta última, una cifra que históricamente ha venido en constante descenso demostrando que la industria agrícola nacional, y que en general, la economía nacional se ha diversificado y en parte gracias a la tecnificación y rentabilidad de otros sectores económicos; esto per se, no significa que el sector cafetero se ha vuelto más productivo, por el contrario se ha quedado rezagado tanto en productividad en el contexto local y nacional como en el aspecto de competitividad en el comercio global.

Las Gráficas No. 4 y 5 permiten corroborar que, si bien la agricultura cada vez tiene un valor agregado como porcentaje del PIB, esto no significa que el sector económico del agro no presente crecimientos económicos, pues como se

observa en la Grafica No. 5, Indonesia y Brasil tienen crecimientos notables que van de la mano con sus incrementos en producción cafetera, mientras que para el caso colombiano, si bien el agro no ha tenido un decrecimiento tan alto como porcentaje del PIB, el crecimiento del sector en dólares actuales no ha sido muy significativo comparado con estos otros países productores de café.



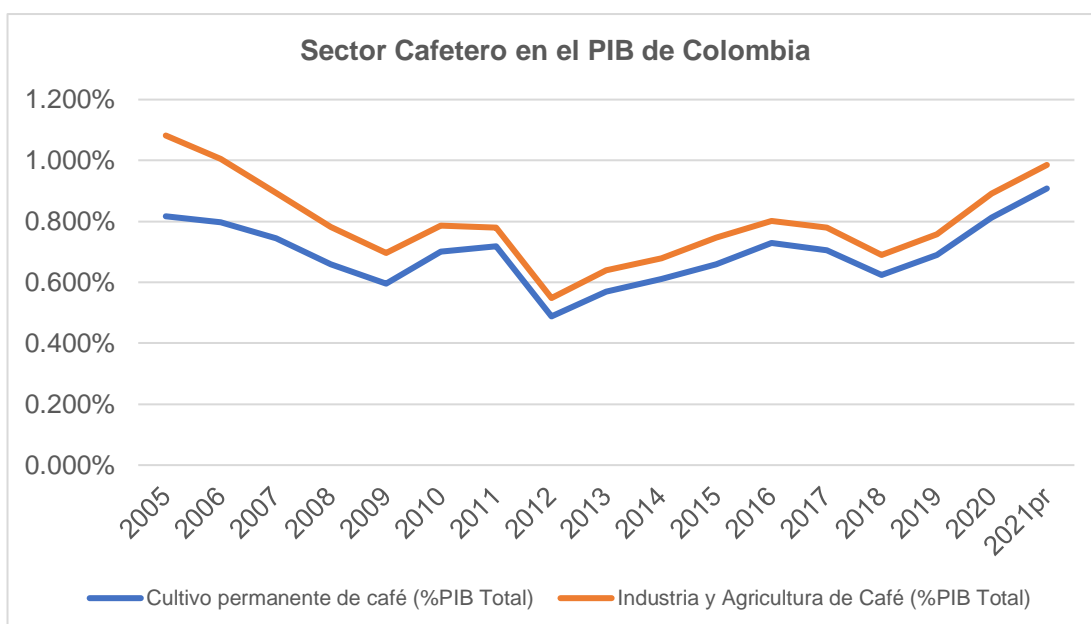
Grafica No. 4: Agricultura, valor agregado (% PIB)
(Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2021)



Grafica No. 5: Agricultura, valor agregado (\$ actuales)
(Elaboración propia con datos del Banco Mundial, 2021)

La demanda creciente del grano globalmente ha hecho que en los últimos dos años, la producción en Colombia aumentó a cifras que no se veía desde 1993, el fugaz incremento de los precios de las cosechas ha hecho que las exportaciones aumenten y como tal, se prevé que para el 2021, la participación del sector caficultor haya representado el 1% en el PIB total colombiano (Federación Nacional de Cafeteros, 2021), como se observa en la Grafica No. 6, si bien, el sector caficultor disminuyó su participación en el PIB hasta el 2012 constantemente, después ha venido en crecimiento tanto en el cultivo permanente como en la Industria, datos que demuestran el potencial del sector como motor de crecimiento para la economía nacional. El dato para el 2021 demuestra el gran momento que vive el producto dada la coyuntura global de

escasez y conflictos sociales, lo que deriva en un impacto positivo para Colombia, al ser una potencia productiva de café, pero el momento que se vive no es exactamente por la tecnificación y mejora productiva y laboral de la industria como tal, caso diferente al que se presenta cuando la industria, en este caso cafetera, se desarrolla en torno a mejoras constantes hoy en día, en torno a herramientas tecnológicas aplicables y asequibles con impacto positivo estructural derivada de una inversión social y económica en desarrollo e investigación orientada.



Grafica No. 6: Sector Cafetero en el PIB de Colombia (Elaboración propia con datos de la Federación Nacional de Cafeteros, 2021)

6.1. Análisis de viabilidad

Según Fedesarrollo (2015), el sector cafetero colombiano presenta un alto potencial de explotación e innovación y del que muchas familias colombianas podrían verse beneficiados, especialmente, del sector rural del país, el cual es aproximadamente el 66% del territorio nacional y donde se encuentran la gran mayoría de territorios agrícolas (CEPAL, 2017). Por ello, tanto el Ministerio de

Tecnología, Informática y Comunicaciones, así como la Federación Nacional de Cafeteros han puesto sobre el mapa de inversión a corto plazo en el fomento y la interacción de los avances de la revolución industrial 4.0 con la caficultura, mediante cuatro enfoques: social, competitivo, productivo y comportamental, pues el abordar la inversión pública desde estos enfoques se lograría el desarrollo de una industria nacional integral que impacte en la economía nacional en su respectiva medida (Sukhodolov, 2019).

Una potencial solución que se plantea para actualizar la industria cafetera y que ha funcionado para promover la productividad de economías desarrolladas mediante un sector agrícolas tecnificado es la inversión e implementación de las tecnologías 4.0, y es que existen muchas posibilidades para la inversión y aplicación del Internet de las Cosas (IoT), Análisis de Datos, integración con *Blockchain*, Simulación y computación en la nube. El potencial para impactar la productividad es inmenso, a través de ganancias económicas de productividad y reducción de costos, además del impacto ambiental al reducir el consumo de agua, las emisiones de CO₂, y el uso más eficiente de capital físico y humano, paralelo con las ganancias sociales derivadas de la mayor disponibilidad de internet en el campo, minimizando el éxodo rural (Milanez et al., 2020), consiguientemente mejorando la competitividad del sector cafetero colombiano tanto en el contexto local como el del comercio global, impactando el crecimiento económico del país medido en variables como el PIB desagregado agrícola y las exportaciones netas. Por otra parte, según Amartya Sen (2019), el desarrollo de un país es más que un número, y se consigue mediante el acceso a más oportunidades el cual conlleva a la disminución de pobreza y la obtención de

más libertades individuales, visto desde ese punto, la inversión pública en la industria cafetera, puede traer desarrollo en la medida en que se capacite globalmente a la población y se invierta de manera inclusiva y focalizada en los puntos más críticos, como en la educación y conectividad a la población rural más rezagada, brindándoles acceso a más oportunidades de superación personal y económica.

Al definir las tecnologías aplicables al campo cafetero, se deben especificar tres las cuales son las más viables y que podrían traer el mayor beneficio:

1. **Geoestadística:** el mapeo, identificación y estadística de terrenos, áreas sembradas, desaprovechadas, y riesgos, son herramientas muy beneficiosas para el análisis de variables de espacio y temporada como el clima, altitud, cultivo, administración y riego, relacionadas a la mejora en productividad y calidad (Sott, 2020), esto para el sector nacional sería muy viable y provechoso en la medida que permitiría un mejor aprovechamiento del terreno disponible, la calidad de cultivos, la prevención de temporadas que afecten el grano, así como en el manejo productivo del producto desde su etapa de siembra como en la entrega final, entregando mejores resultados monetizables.
2. **Machine Learning:** esta tecnología está bastante relacionada al *Big Data* y datos propios, pues mediante estos, se puede estandarizar, sistematizar y automatizar procesos repetitivos que pueden variar dependiente de la temporada o tipo de cultivo, permitiendo mejorar procesos como el riego, cultivo, siembra y gestión (Zahid et al., 2019), lo que facilitaría el evitar

que personas se ocupen en trabajos repetitivos obsoletos que resultan siendo ineficientes y poco rentables, sino que, estos mismos trabajos sean hechos por máquinas y tecnologías que los hagan de manera más eficiente, de mejor calidad y permitan a los trabajadores ocuparse en trabajos más rentables y provechosos, claro está, con un acompañamiento integral estatal que les permita adquirir conocimientos y habilidades útiles en labores más complejas.

- 3. Internet de las Cosas:** quizá sea la tecnología más disruptiva y útil en el cultivo de café, pues el hecho de tener acceso a la administración y ejecución de procesos desde un dispositivo móvil, que envía señales y órdenes a drones, sensores y demás maquinaria, permite trascender la producción obsoleta dependiente de capital humano y conseguir una mayor productividad, pues la dependencia en una gestión y administración de procesos se podría manejar desde la virtualidad y practicidad tecnológica que aglomere procesos dispersos en un solo proceso dinámico al alcance de la mano, acoplando tanto la geoestadística como el *machine learning* adaptado con alto alcance en procesos que requieren un alto control así como en los procesos más repetitivos, como lo son el monitoreo constante a tiempo real del estado de los cultivos hasta el estado de la distribución de las cosechas.

Las anteriores tecnologías mencionadas llevan un proceso constante y de alta inversión en tiempo y dinero aplicado a la industria, lo que muchas veces es algo a lo que empresas como todo tipo de productores se pueden mostrar reacios, y, de hecho, son pocos los proyectos en innovación que se han hecho dentro de la

industria cafetera impactada por la cuarta revolución industrial. En la actualidad, el campo geoestadístico es en el que más se ha desarrollado la industria, pues la implementación de sensores, localizadores y radares, han permitido a actores grandes del sector caficultor, obtener mejoras productivas tangibles mediante el control y monitoreo constante de variables asociadas a la siembra y cosecha del grano, todo mediante un proceso basado en una aplicación móvil a bajo costo, con conectividad e instrumentalización básica y que se ajusta a las necesidades del caficultor, es decir, asociando la tecnología del Internet de las Cosas (Giraldo et al., 2017). Por otra parte, procesos obsoletos como el monitoreo a ojo humano de potenciales plagas en los cultivos, ha llevado a que mediante instrumentos de sensores inalámbricos y drones se desarrollen técnicas de *machine learning*, técnicas mediante las cuales los dispositivos se adaptan y aprenden a identificar cambios en los cultivos y generan alertas dependiendo del caso (Velásquez, 2020). Los estudios previos demuestran la aplicabilidad de tecnologías en el sector con alto potencial de desarrollo e impacto integral, que demuestran los cambios grandes que se deben afrontar referentes al modelo productivo actual y el proceso disruptivo que se debe llevar a cabo en el modelo laboral.

6.2. Principales Limitantes

Históricamente la industria cafetera siempre ha tenido relevancia socioeconómica y política en el país, y aunque con el paso del tiempo, ha sido una industria que se ha ido organizando en torno a una mejor estructuración productiva, existe una gran informalidad laboral dentro de la última escala de la pirámide productiva caficultora, es decir, de los trabajadores, para los cuales, en el caso rural, el café representa el 63% del empleo formal rural (AIL, 2015), no

obstante, existe una gran parte de trabajadores en el café, que se encuentran trabajando de manera informal, modalidad en la que se encuentran 50% de las empresas, el 37% de los trabajadores y el 33% de la producción nacional (Fernández, 2018), para ambos casos, el capital humano cada vez es menor, pues los trabajadores están envejeciendo y los más jóvenes no están dispuestos a trabajar recogiendo café, pues simplemente existen mejor opciones como estudiar o trabajar en labores más lucrativas. Colombia cuenta con un extenso territorio agrícola de aproximadamente 44.6% del total del área del país según el Banco Mundial, condiciones climáticas únicas y suelos bastante fértiles, la falta de tecnificación ha sido causante también del rezago que la población rural vive, desconectada de los avances y beneficios tecnológicos, esto reflejado en el coeficiente de Gini de concentración de propiedad rural, pues según el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), fue de 0.98 en el año 2018, argumentando que aproximadamente 25% de esos propietarios son los dueños del 95% del territorio. Lo anterior demuestra un problema social profundo del sector agrícola de un no aprovechamiento suficiente de las tierras, así como de la inequidad en la distribución productiva, problemática que recae en mayor medida en como el acompañamiento estatal no ha sido óptimo y como la industria se ha centrado en aumento de rentas, pero para pocos productores que pueden sobrellevar los altos cambios en costos de producción y adquisición de tierras.

El rezago económico y social del sector cafetero es un común denominador en las diferentes regiones de Colombia (Pérez, 2013), y está en gran parte explicado por la falta de conectividad y acceso de las personas a herramientas y educación, esto sumado a que territorios montañosos son los más aptos para

la caficultura generalmente y son donde vive una considerable población rezagada y vulnerable, donde la inversión pública no llega de manera óptima por diversos factores que impiden el desarrollo nacional, de manera paralela, la negación al cambio e innovación tecnológicas también juega un papel fundamental en estas poblaciones rurales, reflejando las dos principales barreras a las que la inversión pública se enfrenta, sumado a que esta última es baja en los aspectos a evaluar, pues, para el caso de Colombia, solo el 0.88% del Presupuesto General de La Nación del 2020 se destinó al rubro de la Agricultura y Desarrollo Rural y solo el 0.74% a Tecnologías de la Información y Comunicaciones (Dirección Nacional de Planeación, 2021), números que demuestran el poco interés que el gobierno ha presentado en torno al desarrollo de industrias agrícolas y en general económicas que se enfoquen en acoplarse a nuevas tendencias y avances que faciliten la competitividad de un sector altamente productivo en el caso nacional, así como que permeen en aspectos sociales como la educación, acceso a oportunidades laborales y en general a la mejora de la calidad de vida de los involucrados.

Por último, las barreras económicas políticas de proteccionismo al libre mercado en la agricultura limitan la medida en que la digitalización puede apoyar los intereses de los agricultores y cultivadores de alimentos marginados (Rotz et al, 2019), esto afirma el modelo de crecimiento económico liberal donde si el país quiere sacar el máximo provecho de su producción, debe basarse en productos con alta ventaja competitiva, es este caso el café en Colombia, del cual no solo se tienen los factores para su producción sino que también tiene un alto potencial para evolución mediante tecnologías 4.0.

6.3. Políticas

Para que los proyectos de inversión en tecnologías disruptivas en el campo cafetero colombiano sean eficientes e inclusivas, estos primeros no deben solo ir enfocados en buscar la inversión donde se genere una mayor rentabilidad para productores y en fin que jalone el crecimiento de la economía, sino que deben ir enfocados a generar una equidad global entre todos los productores. Dado que, de momento, los principales actores dentro del sector cafetero que tienen acceso son los grandes productores, esto a futuro puede generar una brecha que no es ideal de incremento de la desigualdad entre pequeños y familias productoras y grandes corporaciones, para ello, el componente esencial de las políticas y la inversión pública es ideal para un crecimiento y desarrollo sostenido e integral.

Rotz et al, definió tres desafíos principales de las políticas en el sector, (1) propiedad y control de datos, (2) la producción de tecnologías y desarrollo de datos, y (3) acceso a educación y asesoría. Estos tres puntos engloban desde quien tiene acceso a las tecnologías brindadas por el estado mediante inversión social, hasta el mismo estado protegiendo y garantizando el buen desarrollo de los procesos productivos y prácticas laborales transparentes de los datos y tecnologías utilizadas, hasta el mismo acompañamiento paralelo que se brinda a los involucrados para su capacitación y acompañamiento continuo logrando una transición de modelo productivo de manera eficiente y sin empeorar indicadores como el desempleo rural. La Federación Nacional de Cafeteros no es ajeno a estos desafíos, y advierte que si se quiere promover una transferencia tecnológica integral, se debe tener en cuenta que en el proceso se van a presentar dificultades en la asimetría de la información, conocimiento en costos

o falta de innovación, los cuales se deben solucionar mediante acompañamiento y asesoría constante y brindando protección a potenciales comportamientos anti libre mercado, centrándose sobre todo en generar sinergias mediante los comités regionales cafeteros que ejercen cierta influencia mayor que la de la Federación de manera precisa (Acosta & Ávila, 2021), es decir, trabajar de la mano con gremios, pequeños y grandes involucrados, comités y académicos que puedan brindar apoyo.

Los principales involucrados dentro del lado de brindar acceso y la generación de programas para con las tecnologías 4.0 aplicadas al café son el Ministerio de Agricultura, el Ministerio de Tecnologías y Comunicaciones y la Federación Nacional de Cafeteros, y como tal, se debe generar una sinergia entre estos para la formulación y gestión de proyectos con valor agregado y que involucren a expertos que evalúen la viabilidad y aplicabilidad de cada tipo de tecnología dependiente por ejemplo, al tipo de cultivo, la zona donde se ubica el mismo, el acceso a conectividad a internet o vías de acceso terrestre (Velásquez, 2020).

El caso práctico ms considerable actual es El Centro para la Cuarta Revolución Industrial (C4IR.CO), que se gestiona como un proyecto para generar recomendaciones de política pública de apropiación tecnológica, orientadas a incentivar el uso y adopción de tecnologías avanzadas y la explotación de datos en el agro colombiano como factores que incrementen la productividad y la competitividad (Mintic, 2021), y donde ya se desarrollan pruebas en municipios específicos con características de cultivo específicas con determinadas tecnologías agro 4.0, pruebas de las cuales se pretende identificar patrones de

similitud entre las zonas de cultivo y tipos de cultivo, para aplicar las tecnologías de manera extensiva mediante inversión social.

7. Conductores del Crecimiento y Desarrollo

7.1. Conductor Social: Por medio de la inversión en tecnologías 4.0, se puede capacitar y educar a la población que se ubica en el sector cafetero, por medio de ello, pueden ubicarse en labores de la industria cafetera más sofisticadas y más rentables (Perfetti et al, 2013), esto presenta un reto alcanzable para el gobierno, conociendo el bajo índice de calidad educativa y acceso a educación de calidad, componente esencial para lograr una transición satisfactoria y con impacto positivo en la población rezagada.

7.2. Conductor Económico: Las mejores productivas en los procesos de siembra, cultivo, distribución y comercio, permitirán mejoras monetizables y competitivas, que no solo beneficien el lado de la oferta donde los productores pequeños, medianos y grandes, pueden obtener mayores rentabilidades, sino que también el lado de la demanda se ve beneficiado por mejores productos a precios más favorables con mayor eficiencia, impactando directamente el crecimiento del sector y su importancia en el PIB nacional (Sukhodolov, 2019). Esto representaría un motor de crecimiento económico impulsado por la oferta y demanda, que tenga un alcance tanto en el mercado interno como en el comercio internacional en el

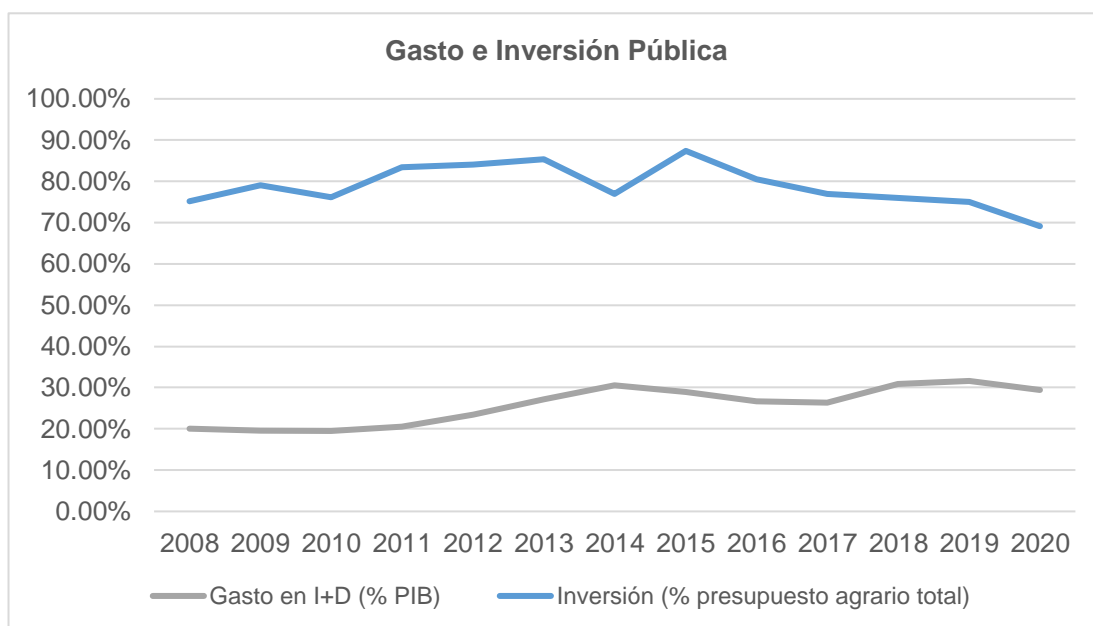
mercado cafetero, en el cual Colombia es altamente competitivo y del cual se pueden recibir ingresos en divisas externas que permitan fortalecer la moneda nacional y atraigan la inversión extranjera directa.

7.3. Conductor Tecnológico: Las mejoras tecnológicas vía inversión pública, permiten diversificar las actividades relacionadas al sector cafetero en torno al dinamismo del modelo productivo y las mejoras continuas, y que, a su vez, puedan impactar en industrias agrícolas paralelas, así como en otras donde se pueda aplicar las tecnologías 4.0, como lo son sectores mineros, de infraestructura y agropecuarios, donde es imprescindible la inversión en tecnología, educación y asesoría, lo que permite asociar la economía con conexiones basadas en tecnología aplicable y de alto alcance.

8. Análisis de variables económicas

La inversión e implementación de tecnologías 4.0 generalmente presenta un panorama de beneficio a corto y largo plazo, sin embargo, la transición a modelos más productivos o de destrucción creativa como le llamó Schumpeter (1947), pueden que lleven a resultados no deseados. Los rubros donde el gobierno nacional más puede intervenir para lograr cambios en innovación productiva con tecnologías 4.0 son el gasto en investigación y desarrollo del presupuesto nacional general y el gasto en inversión dentro del presupuesto agrícola, el primero presenta una media del 25.75% como porcentaje del PIB entre los años 2008 y 2020, mientras que el último, presenta una media del 78.86% como

porcentaje del presupuesto nacional agrícola para los mismos años como se observa en la Gráfica No. 7, que muestra como si bien ambos gastos públicos han permanecido crecientemente estables, a partir de los últimos años, la inversión en el agro ha tendido a decrecer denotando un menor interés en desarrollar productivamente el sector, y el gasto en inversión y desarrollo se ha estancado, cuando debería ser un rubro de constante crecimiento.



Gráfica No. 7: Gasto e Inversión Pública (Elaboración propia con datos del DANE, 2021)

Según Pat Mooney (2019), en primera instancia, la agricultura 4.0 aplicada al café puede llevar a mejoras en productividad, pero eso conlleva procesos que implican tecnología en todas sus cadenas de valor, lo que a su vez reconfigura los mercados, volviéndolos mucho más dependientes de pocas empresas dueñas de las tecnologías, y oligopolios en capacidad de comprar y poner en funcionamiento avances 4.0 en sus procesos productivos, esto representa un limitante en el objetivo de alcanzar un desarrollo integral de la economía, pues el objetivo esencial debe ser alcanzar mayor equidad acompañada de mayor

rendimiento, para ello deben existir leyes sólidas y una presencia gubernamental, que no coarte las libertades e incentivos particulares ni intervenga en las dinámicas del mercado, pero que represente un arbitraje indirecto para evitar mayores desigualdades, aglomeración y dependencia de pocos productores en temas como propiedad rural, acceso a tecnologías productivas y posicionamiento único en el mercado.

Para el caso chileno, la automatización de la industria de frutas nacionales, ha llevado a una alteración en el mercado laboral, donde muchas personas se han visto desplazadas de trabajos en este sector, sobretodo, de los poco cualificados, donde máquinas y procesos tecnológicos pueden remplazarlos fácilmente, incrementando el desempleo rural (Pérez-Silva & Campos, 2021). No obstante, para el mismo caso de este último país, las mejoras en productividad de medianos y grandes agricultores fueron grandiosas, y la competitividad, en este caso, en el mercado de manzanas y uvas, fue igualmente beneficioso en el panorama de comercio internacional, demostrando el choque que puede existir en el sector cafetero colombiano al momento de cambiar el modelo productivo actual, donde, si bien el aspecto productivo puede mejorar el crecimiento económico, el aspecto de desarrollo socioeconómico se ve alterado negativamente, al menos temporalmente mientras se configura el nuevo modelo y se educa y ubica a los empleados en labores más productivas.

De igual manera, Chauvet & Bianco (2019), desarrollaron la idea de que, si bien la inversión en tecnologías 4.0 para sectores agrícolas traería un gran beneficio para los grandes productores, habría un fuerte choque referente a la coexistencia

de los modelos tecnificados y la producción familiar y a pequeña escala, donde para evitar rezagos es necesario una transición global guiada por el sector público que incluya a todos los involucrados en el sector agrícola y con facilidad de acceso a oportunidades y herramientas de alto impacto con asesoría constante y educación adecuada, logrando un crecimiento y desarrollo que no estimule las desigualdades sociales sino que por el contrario, haga suya la meta de una mayor equidad en la distribución de los ingresos; que evite la sobreexplotación de los recursos naturales y, por ende, promueva la sostenibilidad ambiental; que facilite, en cantidad y calidad, la acumulación de capital humano con miras a fortalecer las habilidades productivas y competitividad de las personas y por ende, del desarrollo social en Colombia (Perfetti et al, 2013).

Por su parte, Zamudio (2021) argumenta que las oportunidades de desarrollo y crecimiento son altamente considerables, y se basa en gran parte al fomento procesos sustentables y amigables con el medio ambiente, que garantizan la seguridad de los recursos naturales y la calidad del grano y el producto final ante los consumidores, sin comprometer la productividad ni competitividad, incluyendo desde los menores implicados hasta los mayores afectando así el crecimiento y desarrollo nacional socioeconómico global, recalcando en la importancia que le dan a la responsabilidad social empresarial de las empresas y conocer las diferentes formas de impactar positivamente a una sociedad y al entorno, es decir, donde se le dé una igual importancia al desarrollo como al crecimiento, para lograr una sinergia que permita cambiar la mentalidad y los modos de trabajo que los empleados y dueños ocupan, en este caso, no solo en

el ámbito laboral y de rentabilidad, sino con un componente de alto interés ambiental, donde se trascienda el modelo extractivo a uno de aprovechamiento sostenible de todo el potencial y espacio que el país presenta.

Para que la tecnología 4.0 impacte de manera significativa e inclusiva a todos los actores dentro de la industria cafetera, se debe tener en cuenta no solo el gasto del Presupuesto General de la Nación en agricultura, sino también tener en cuenta que la inversión en investigación y desarrollo debe ser un componente esencial dentro de las políticas públicas del país, estimulando así la capacitación e investigación básica en los territorios para consolidar el conocimiento que sirva para aprovechar de manera inteligente la tecnología (Giraldo, 2020), esto denota un componente en el que el gobierno debe tener una mejora inminente, pues como se vio en el apartado de variables económicas, la investigación y desarrollo es un rubro que no se ha visto incrementado como lo son en economías de países desarrollados y que incorporaron exitosamente la innovación como motor de crecimiento como el caso de Japón o Corea del Sur, que constantemente dinamizan su sector en base a avances e innovación, y que no estancan su desarrollo en modelos productivos anclados a la historia y la idiosincrasia nacional.

9. Conclusiones

Si bien el sector agroindustrial cafetero colombiano es una industria bastante rezagada que se basa aun en capital humano y procesos muy poco tecnificados, su potencial de impacto a la economía nacional y así mismo, su potencial de innovación y mejoras en productividad, son un fuerte indicador de cómo las

tecnologías 4.0 pueden mejorar los procesos productivos, mediante innovaciones como el internet de las cosas, geolocalización, *big data* y *machine learning*, tecnologías disruptivas bastante aplicables al sector caficultor, en primera medida mediante la transición de trabajos repetitivos obsoletos basados en capital humano a procesos eficientes basados en controles específicos asociados al monitoreo en vivo y administración continua con tecnologías de geoestadística que permitan obtener datos para calcular eficiencias productivas y programar mediante *machine learning* procesos productivos óptimos y controlados por estándares especificados que minimicen el error humano, para terminar con el acceso y gestión de los cultivos hasta la distribución del producto final mediante el Internet de las Cosas, donde todos los procesos están accesibles y manejables desde un computador, un software y/o un dispositivo móvil; tecnologías que permiten el máximo aprovechamiento del espacio y propiedades de la tierra para cultivo, así como permiten mitigar los impactos negativos del clima y aprovechar buenas temporadas para siembra.

El ubicar a la vanguardia la industria cafetera es primordial para la competitividad de productores nacionales y exportadores, no obstante, este presenta ciertos limitantes y barreras a su entrada, iniciando por la falta de conectividad resultado de la topografía del país, la mentalidad anclada al pasado de la población rural por su olvido por parte del estado, la corrupción campante en el rubro de inversión pública, la informalidad laboral, los subsidios ineficientes y los bajos índices de educación en temas de tecnología, retos de mejora continua para el gobierno nacional que sientan bases para una transición homogénea de un modelo productivo rezagado a uno vanguardista basado en inversión en

investigación y desarrollo en el sector agrícola enfocado en la industria cafetera así como en inversión en tecnologías de la cuarta revolución industrial que permitan aumentar la productividad y el de la agroindustria cafetera y que a su vez, esta se convierta en un motor de impulso para la economía nacional mediante la mejora productiva de pequeños y grandes productores vía reducción de costos, eficiencia operativa, acceso inclusivo a educación en temas de desarrollo tecnológico de los ocupados en la industria e inversión bien en vez de subsidios transitorios, que se refleje en mayores ingresos percibidos por productores derivado de una mejora en la demanda interna y externa, que incremente la participación de un sector caficultor sostenible social y ambientalmente dentro del PIB colombiano y a su vez impulse su crecimiento, que permita fortalecer la divisa nacional y la balanza comercial vía exportaciones y a su vez, permita el desarrollo social en temas de ubicación laboral más productiva, acceso a mejor educación, financiamiento, acompañamiento integral y equidad de propiedad rural y propiedad productiva. Pues si bien, incrementos en la productividad cafetera puede inducir a crecimiento económico, el empleo puede verse afectado a corto plazo, pues la población menos educada y cualificada dentro del sector cafetero, quienes representan la mayoría de caficultores y empleados en labores relacionadas obsoletas, pueden verse afectados por desplazamientos que conlleven a desmejoras en el nivel de calidad de vida.

Por ello, como apreciación final, si el país quiere lograr mejorar índices de desarrollo y crecimiento económico sin empeorar aspectos como el ambiental, social y corporativo, debe hacer un fomento de programas de inversión y

acompañamiento en tecnologías 4.0 aplicadas al sector cafetero, mediante la asociación de entes como el Ministerio de Tecnologías y Comunicaciones, el Ministerio de Agricultura, y por supuesto, la Federación Nacional de Cafeteros, quienes deben augurar y tener en sus programas de gobierno y corporativos, el desarrollo sostenible e inclusivo del sector mediante la inversión global en tecnologías 4.0, para poder genera inclusión de la mano de mejoras monetizables y en calidad de vida, tanto para productores, corporaciones, campesinos mediante facilidad productivo y eficiencia, así como para los consumidores finales, internos o en el exterior, mediante mejores productos a precios más competitivos con mayor acceso.

Bibliografía

- A. Zahid, H. T. Abbas, A. Ren, A. Zoha, H. Heidari, S. A. Shah, M. A. Imran, A. Alomainy, and Q. H. Abbasi. (2019). *Machine learning driven non-invasive approach of water content estimation in living plant leaves using terahertz waves*. Plant Methods. Recuperado de : <http://plantmethods.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13007-019-0522-9>
- Acosta-Andrade, M., & Ávila-Navarro, J. (2021). *Experiencias en la transferencia tecnológica del proyecto de Cafés Especiales*. Indagare, (9). Recuperado de <https://doi.org/10.35707/indagare/908>
- Agencia de Información Laboral (AIL). (2015). *Los trabajadores del café, los más precarios e informales de la agroindustria colombiana. Una mirada al sector*. Recuperado de shorturl.at/pDEPY
- Bujang, A. S., & Bakar, B. H. A. (2019). *Agriculture 4.0: Data-Driven Approach to Galvanize Malaysia's Agro-Food Sector Development*. FFTC Agriculture Policy Platform (FFTC-AP). Recuperado de shorturl.at/IEV04
- Banco Mundial (2021). *DataBank: Agricultura, valor agregado (% PIB) – Colombia*. Banco Mundial.
- Candido, M., Andrade, N., Carneiro, I., Werneck, G., Santos, I., Silva, M., & de Oliveira, M. O. M. (2021). *Perfil dos pequenos e médios produtores em relação à adoção de tecnologias do Agro 4.0*. Embrapa Agricultura Digital- Capítulo em livro científico (ALICE). Recuperado de shorturl.at/lyN78
- Cerón, A. F. G. (2020). *Tan cerca y tan lejos de la agricultura 4.0 en Colombia*. Revista Universidad EAFIT, 55(175), 78-85.
- Chauvet, M. & Bianco, M. (2019). *Agricultura 4.0 ¿Es posible la coexistencia de modelos productivos?*. ESOCITE-LALICS. Recuperado de

<https://canelon.interior.edu.uy/ocs/index.php/esocite2020/esocitelalics2020/paper/view/50/0>

- Cubillos T, J. P., Soltész, B., & Vasa, L. (2021). *Bananas, coffee and palm oil: The trade of agricultural commodities in the framework of the EU-Colombia free trade agreement*. Plos one, 16(8).
- DANE. (2019). *Cuentas Nacionales*. Cuentas Nacionales Anuales.
- Fedesarrollo. (2015). La política de precios del café en Colombia. Fedesarrollo. Recuperado de shorturl.at/bBJR5
- Federación Nacional de Cafeteros. (2021). *Las áreas a renovar en Colombia en los próximos años*. Blog de Actualidad Cafetera. Recuperado de <https://federaciondecafeteros.org/wp/blog/las-areas-a-renovar-en-colombia-en-los-proximos-anos/>
- Fernández, C. (2020). *Informalidad empresarial en Colombia*. Fedesarrollo.
- Giraldo, P.J.R., Aguirre, Á.G., Muñoz, C.M., Prieto, F.A., Oliveros, C.E. (2017). *Sensor Fusion of a Mobile Device to Control and Acquire Videos or Images of Coffee Branches and for Georeferencing Trees*. Sensors. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/s17040786>
- Gunarto, A. G., Gultom, M. N. H., & Kirana, N. (2019). *Algriz: The Feasibility Study on The Development of Agro 4.0 in Indonesia*. Recuperado de <https://repository.ipmi.ac.id/620/>
- Hofmann, E., & Rüsçh, M. (2017). *Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics*. Computers in industry, 89, 23-34
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2012). *Atlas de la Distribución de la Propiedad Rural en Colombia*. Universidad de los Andes.

- Kalmanovitz, S., & López, E. (2003). *La agricultura en Colombia entre 1950 y 2000* (No. 255). Banco de la Republica de Colombia.
- Lima, G. C., Figueiredo, F. L., Barbieri, A. E., & Seki, J. (2021). *Agro 4.0: Enabling agriculture digital transformation through IoT*. *Revista Ciência Agronômica*, 51. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/rca/a/DVtW6Gqn88LZ7KSrMG8TnJh/?lang=en&format=html>
- Milanez, A. Y., Mancuso, R. V., Maia, G. B. D. S., Guimarães, D. D., Alves, C. E. A., & Madeira, R. F. (2020). *Conectividade rural: situação atual e alternativas para superação da principal barreira à agricultura 4.0 no Brasil*. Recuperado de shorturl.at/guMRW
- Machado, A. (2001). *El café en Colombia a principios del siglo XX*. *Desarrollo económico y social en Colombia siglo xx*, 77-97.
- Ministerio de Agricultura. (2021). *“La cosecha cafetera para este 2021 podría cerrar en \$10 billones de pesos”*: Ministro Rodolfo Zea Navarro. Minagricultura. Recuperado de shorturl.at/fiDI8
- MinTIC. (2019). *Aspectos Básicos de la Industria 4.0*. Oficina Asesora de Planeación y Estudios Sectoriales. Recuperado de shorturl.at/bhyS4
- Mooney, P. (2019). *La insostenible Agricultura 4.0*. ETC GROUP. Recuperado de shorturl.at/mpGK4
- Morella, P., Lambán, M. P., Royo, J., & Sánchez, J. C. (2021). *Study and Analysis of the Implementation of 4.0 Technologies in the Agri-Food Supply Chain: A State of the Art*. *Agronomy*, 11(12), 2526. Recuperado de shorturl.at/gIE15

- Pachón, F. A. (2021). *Distribución de la propiedad rural en Colombia en el siglo XXI*. Revista de Economía e Sociología Rural, 60(4), e242402. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.242402>
- Perez-Silva, R., & Campos, J. (2021). *¿Agricultura 4.0? Estudiando la evidencia de la automatización en la agricultura chilena*. International journal of agriculture and natural resources, 48(3), 233-247.
- Pérez Toro, J. A. (2013). *Economía cafetera y desarrollo económico en Colombia*. Editorial Tadeo Lozano. Recuperado de shorturl.at/acuEN
- Perfetti, J., Balcázar, A., Hernández, A. & Leibovich, J. (2013). *Políticas para el desarrollo de la agricultura en Colombia*. Fedesarrollo. Recuperado de shorturl.at/wzCE3.
- Pinilla, J. (2017). *Colombia: 26.5 millones de hectáreas con vocación agro*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria.
- Rotz, S., Duncan, E., Small, M., Botschner, J., Dara, R., Mosby, I., ... & Fraser, E. D. (2019). *The politics of digital agricultural technologies: a preliminary review*. Sociologia Ruralis, 59(2), 203-229.
- Schwab, K., & Davis, N. (2018). *Shaping the future of the fourth industrial revolution*. Currency.
- Sen, A. (1988). The concept of development. Handbook of development economics, 1, 9-26.
- Sott, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., & Imran, M. A. (2020). *Precision techniques and agriculture 4.0 technologies to promote sustainability in the coffee sector: state of the art, challenges and future trends*. IEEE Access. Recuperado de <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9166468&tag=1>

- Sukhodolov, Y. A. (2019). The notion, essence, and peculiarities of industry 4.0 as a sphere of industry. In *Industry 4.0: industrial revolution of the 21st century* (pp. 3-10). Springer, Cham.
- Velásquez, D., Sánchez, A., Sarmiento, S., Toro, M., Maiza, M., Sierra, B. (2020). *A Method for Detecting Coffee Leaf Rust through Wireless Sensor Networks, Remote Sensing, and Deep Learning: Case Study of the Caturra Variety in Colombia*. Applied Sciences. Recuperado de <https://doi.org/10.3390/app10020697>
- Zamudio, A. (2021) *La innovación 4.0 como factor de desarrollo económico para el agro colombiano*. Universidad Militar Nueva Granada. Recuperado de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/39594/ZamudioTorresAngieAndrea2021.pdf?sequence=3&isAllowed=y>