

UNIVERSIDAD DEL VALLE
FACULTAD DE CIENCIAS SOCIALES Y ECONÓMICAS
Departamento de Economía



TESIS DE PREGRADO

**Pasivos Ambientales Asociados al Uso del Agua en la Agricultura Colombiana:
Valoración Económica a Partir de la Huella Hídrica 1961-2014**

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE ECONOMISTA

PRESENTADO POR:

Jaison Leandro Avila Rivera

Cód: 1144474

DIRECTOR:

Mario Alejandro Pérez Rincón

Cali – Valle

2019

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. MARCO CONCEPTUAL: ECONOMÍA ECOLÓGICA, ECONOMÍA AMBIENTAL Y PASIVOS AMBIENTALES.....	7
3.1. Economía Ecológica.....	7
3.2. Economía Ambiental.....	9
3.3. Métodos de Valoración Económica del Medio Ambiente	11
3.4. Pasivos Ambientales	13
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
5. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA.....	19
5.1. Área Sembrada	19
5.2. Producción.....	22
5.3. Rendimiento	25
6. HUELLA HÍDRICA.....	30
6.1. Huella Hídrica Verde, Azul y Gris.....	30
7. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PASIVO AMBIENTAL ASOCIADO AL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA.....	35
7.1. Pasivo Ambiental Generado por el Uso del Agua para Riego Agrícola	36
7.2. Pasivo Ambiental Generado por el Uso del Agua como Asimiladora de los Desechos	41
7.3. Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua en la Actividad Agrícola.....	48
8. CONCLUSIONES.....	51
8.1. Caracterización del Sector Agrícola.....	51
8.2. Valoración Económica del Pasivo Ambiental Agrícola Asociado al Uso del Agua.....	52
9. BIBLIOGRAFÍA.....	54
10. ANEXOS.....	60

Índice de Ilustraciones

Figura 1. La economía como sistema cerrado. Fuente: Martinez - Alier, J., Roca, J. (2001)	8
Figura 2. La economía como sistema abierto. Fuente: Martinez - Alier, J., Roca, J. (2001)	9
Figura 3. Tipología del Valor Económico Total. Fuente: Castro et al (2013)	10
Figura 4. Síntesis de los Métodos de Valoración del Medio Ambiente. Fuente: Azqueta (2007), Dixon (1994), Reveret et al (1990), Hufschmidt et al (1983).	13
Figura 5. Sección Transversal de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo.	45

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Área sembrada para producción agrícola en cultivos totales, cultivos permanentes y cultivos transitorios. Años 1961 – 2014.	20
Gráfica 2. Producción agrícola en porcentaje de toneladas sobre el total para el año 2014	23
Gráfica 3. Producción de cultivos transitorios y permanentes en millones de toneladas. Años 1961 – 2014	24
Gráfica 4. Rendimiento promedio en Ton/Ha para cultivos transitorios y permanentes	26
Gráfica 5. 45 cultivos con mayor rendimiento en Ton/Ha - Año 2014	27
Gráfica 6. HH Total, Verde, Azul, Gris y HH Total y Azul con eficiencia de riego de 65%	32
Gráfica 7. Principales cultivos generadores de la HHV, HHA (ER 65%) y HHG, año 2014	33
Gráfica 8. Huella Hídrica Verde, Azul y Gris por tipo de cultivo en Hm ³	34
Gráfica 9. Pasivos Ambientales Asociados al Uso del Agua para Riego Agrícola medidos a través de la HHA en precios constantes del 2014. Años 1961 – 2014	40

Índice de Tablas

Tabla 1. Estructura temática de la investigación	6
--	---

Tabla 2. Categorías de Valor de Bienes y Servicios Ambientales. Fuente: Dixon y Pagiola (1998), Azqueta (2007).	12
Tabla 3. Principales cultivos en Colombia a partir de la Apertura Económica.	21
Tabla 4. Principales cultivos producidos en Colombia en el año 2014. (Toneladas)	24
Tabla 5. Frontera Agrícola Nacional. Fuente: UPRA - 2016	28
Tabla 6. Distritos de Riego a Nivel Nacional. Fuente: UPRA - 2016	29
Tabla 7. Áreas Potenciales para Adecuación de Tierras con Fines de Irrigación, Disponibilidad, Necesidad y Regulación del Recurso Hídrico. Fuente: UPRA - 2016	29
Tabla 8. Tasas por Uso del Agua a Precios Corrientes y Constantes (2014) en COL\$/m ³ . Cálculos propios.	38
Tabla 9. Principales cultivos aportantes al Pasivo Ambiental asociado al uso del Agua para Riego en el periodo 1961 – 2014, % de la HHA Total y Pasivo Ambiental a precios constantes del año 2014.....	40
Tabla 10. Dimensiones de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo.....	45
Tabla 11. Costo de Construcción de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo. Valores tomados de la información de proveedores de una empresa dedicada al diseño de soluciones para el tratamiento de aguas, con excepción de las plántulas cuyos costos fueron tomados de diferentes viveros.....	46
Tabla 12. Principales cultivos aportantes al Pasivo Ambiental asociado al uso del Agua como asimiladora de desechos para el año 2014, % de la HHG Total y Pasivo Ambiental a precios constantes del año 2014.	47
Tabla 13. Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua. Cifras en COP \$ y en dólares de acuerdo con la TRM del 31/12/2019 según cifras del Banco de la República.....	48

1. RESUMEN

A través del presente trabajo se han estimado los pasivos ambientales asociados al uso del agua en la agricultura colombiana para el periodo 1961 – 2014. Se ha hecho uso del concepto de Huella Hídrica el cual es un indicador de sostenibilidad fuerte planteado por la Economía Ecológica en contraposición a la noción de sostenibilidad débil que va ligada a la economía tradicional y su idea de desarrollo basado en el crecimiento económico.

Para esto, se caracterizó la agricultura colombiana teniendo en cuenta las variables de tipo de cultivo, área sembrada, producción y rendimiento, lo cual permitió calcular el pasivo ambiental asociado al uso del agua en términos monetarios haciendo uso de métodos planteados por la Economía Ambiental. A partir de las estimaciones de la Huella Hídrica de los cultivos, se usaron dos métodos de cálculo complementarios para la valoración del pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego: el costo de mantenimiento del caudal de una cuenca hidrográfica y las tasas por uso del agua estimadas por las Corporaciones Autónomas Regionales.

En cuanto al pasivo ambiental asociado al uso del agua como asimiladora de los desechos de la producción agrícola, se estimó de acuerdo con el costo de mitigar el daño sobre el recurso hídrico mediante el tratamiento de las aguas contaminadas.

De la estimación del pasivo ambiental generado por el uso del agua para riego y como fuente asimiladora de desechos de la agricultura, se encuentra que existe una deuda ecológica de la actividad agrícola con el medio ambiente y la sociedad.

2. INTRODUCCIÓN

Históricamente la economía colombiana ha tenido un énfasis en la explotación del sector primario, en el cual la agricultura ha sido un motor importante para el crecimiento económico del país en algunas fases de su historia, llegando en su mejor momento a significar cifras por encima del 25% del PIB en las décadas de los 60's y 70's, y aportando para el año 2014 el 16.3% del empleo total del país (Banco Mundial, 2014).

Por su parte, la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación (FAO), ha manifestado la importancia de los países que aun cuentan con frontera agrícola, entre los que se destaca Colombia, para garantizar la alimentación para los años venideros debido al crecimiento de la población y la posible escases de recursos agrícolas causada por el efecto del cambio climático; la FAO estima que la producción mundial de alimentos debe crecer en un 70% aproximadamente para abastecer la demanda presente y futura (FAO, 2002).

La importancia de la agricultura en términos de producción para el crecimiento económico y de la alimentación para los años venideros dan sustento a la llamada “Revolución verde”, donde se vislumbran problemas ambientales ligados a la Agricultura Industrial, entre los que se encuentran la pérdida de biodiversidad, la alteración del ciclo del nitrógeno, la contaminación hídrica y del suelo, etc. sin contar con la problemática social ocasionada en los territorios.

Guhl (2006), argumenta la existencia de una crisis ambiental causada por el paso de una visión animista a una antropocéntrica y utilitaria del mundo, así se puede explicar el fenómeno de la agricultura en nuestros tiempos, en el desarrollo agrícola industrial prima el camino al crecimiento económico sobre la seguridad alimentaria y la capacidad de regeneración de la naturaleza. De aquí surge la Agricultura Ecológica como herramienta que permite mitigar la crisis ecológica y

económica resultado de la Agricultura Industrial a través del uso de recursos locales y tecnologías agroecológicas que se adaptan a las condiciones socioeconómicas y biofísicas del medio, logrando así una utilización óptima de los recursos naturales mientras se respeta el medio ambiente.

Consecuentemente, son necesarios mecanismos de medición, en términos de sostenibilidad, que identifiquen de forma más precisa el uso de los recursos naturales y el posible impacto de la sobreutilización de estos en términos biofísicos, dando paso a la Economía Ecológica como marco analítico que permite estudiar “la (in)sustentabilidad ecológica de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor expresado en un único numerario” (Martínez – Alier y Roca, 2001).

Uno de los indicadores planteados por la Economía Ecológica corresponde a la Huella Hídrica (HH), el cual es un indicador de sostenibilidad fuerte y que corresponde “al volumen total de agua dulce que es usada para la producción de bienes y servicios consumidos por los individuos, negocios o naciones” (Chapagain y Hoekstra, 2004). Mediante el cálculo de la Huella Hídrica, se ha encontrado que entre los años 1996 y 2005 el 92% de la huella hídrica global corresponde al uso del agua para la producción agrícola (Mekonnen y Hoekstra, 2011).

Lo anterior demuestra que es a la producción agrícola a quien se debe el mayor consumo de agua dulce del planeta, la cual corresponde a aproximadamente el 2.5% del total de agua de nuestro mundo; de esta solamente es asequible aproximadamente 0.007% ya que el resto se encuentra congelada en casquetes y glaciares polares y en forma de agua subterránea difícil de alcanzar; esto hace más importante llevar a cabo el proceso de producción agrícola de una manera responsable y respetuosa con el medio ambiente, logrando así el uso óptimo del agua dado que es un recurso de vital importancia para la supervivencia de las especies que conviven en el planeta.

Las políticas promovidas por el gobierno nacional para impulsar el crecimiento económico no profundizan la dimensión ambiental, que cada vez resulta más afectada debido a la explotación de recursos naturales. Esto nos introduce en el ámbito de los pasivos ambientales, los cuales, según la Unión Europea, implican una situación en la que un contaminador puede ser identificado como responsable de provocar daños en el medio ambiente debido a sus actividades (Zografos y Rodríguez, 2014; DOUE, 2004). Es decir que los pasivos ambientales corresponden a los costos ecológicos que no han sido pagados por la actividad productiva generadora de estos, y terminan siendo trasladados al medio ambiente y/o a grupos de la población.

En Colombia, desde el año 1999 se vienen haciendo intentos por introducir el concepto de pasivos ambientales en la legislación, pero hasta el momento no es clara su aplicación a pesar de que la Ley 99 de 1993 se configura como el marco perfecto para establecer dicha regulación. El Plan Nacional de Desarrollo 2006 – 2010 estableció la elaboración de una propuesta metodológica para la identificación y gestión de los pasivos ambientales, en especial para la recuperación de áreas degradadas por efecto de las actividades mineras, de explotación de hidrocarburos y agrícolas (Minambiente, 2008); sin embargo, al parecer el avance ha sido mínimo.

En Latinoamérica algunos países han mostrado progresos en dicha materia, a pesar de tener una legislación más laxa que los países desarrollados, Ecuador, Perú y Argentina han dado ejemplo de aplicación de la legislación sobre los pasivos ambientales en casos como los que se dieron contra Chevron-Texaco, la mina de oro Yanacocha y Repsol respectivamente, en los cuales se ha establecido el pago de multas de grandes cuantías en dichas empresas, para cubrir el costo por la degradación ambiental causada.

Con base en lo anterior, la presente investigación se centra en la estimación de los pasivos ambientales que resultan de la actividad agrícola en Colombia desde el año 1961 hasta el 2014 de

acuerdo con la información disponible. La hipótesis central es que existe un pasivo ambiental asociado al uso del agua en la agricultura colombiana, que se puede estimar en términos monetarios a través de la Huella Hídrica.

Este trabajo de investigación se circunscribe dentro del proyecto MESOCA-ANCA¹ donde se ha realizado la estimación de la Huella Hídrica para todos los cultivos que se dieron en el territorio nacional durante el periodo mencionado.

Los objetivos de la investigación se centran en la caracterización de la dinámica del sector agrícola en Colombia, el cálculo la Huella Hídrica de los cultivos producidos en el territorio nacional entre los años 1961 y 2014 y, por último, la cuantificación de los pasivos ambientales asociados al uso del agua para la agricultura en Colombia y el análisis de las implicaciones de estos hacia la sustentabilidad debido a la necesidad imperante de conocer y velar por la conservación de los recursos naturales con los que se cuenta, dado que se encuentran amenazados como nunca por la acción antrópica, que, a su vez, amenaza la capacidad de resiliencia de los ecosistemas y el desarrollo óptimo de sus funciones ambientales.

Los objetivos mencionados se alcanzan en 4 capítulos, siendo cada uno el insumo para el siguiente, para así, desarrollar la temática de manera sistemática hasta alcanzar el objetivo general de la investigación como se detalla a continuación:

¹ “Metabolismo social y conflictos ambientales en Países Andinos y Centroamericanos”, MESOCA-ANCA, financiado por la Universidad del Valle, Convocatoria Interna Visibilización Internacional, Cali, Colombia, Proyecto No. 2826.

Tabla 1. Estructura temática de la investigación

1. Marco Conceptual: Economía ecológica, Economía Ambiental y Pasivos Ambientales	○ Economía Ecológica ○ Economía Ambiental ○ Métodos de Valoración Económica del Medio Ambiente ○ Pasivos Ambientales
2. Caracterización del sector agrícola	○ Área sembrada ○ Producción ○ Rendimiento
3. Huella Hídrica de los cultivos	○ HH Verde ○ HH Azul ○ HH Gris
4. Valoración económica del Pasivo Ambiental asociado al uso del agua en la Agricultura colombiana	○ Pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola. ○ Pasivo ambiental asociado al uso del agua como fuente asimiladora de desechos. ○ Pasivo ambiental total.

3. MARCO CONCEPTUAL: ECONOMÍA ECOLÓGICA, ECONOMÍA AMBIENTAL Y PASIVOS AMBIENTALES

3.1. Economía Ecológica

La relación de la humanidad con el medio ambiente es de total dependencia y por tanto es la base natural desde siempre en la historia del ser humano, siendo las funciones medio ambientales aquellas que permiten el desarrollo de la vida para todas las especies que conviven en el planeta. Sin embargo, el sistema económico creado por el ser humano, por mucho tiempo se ha olvidado de la dimensión ambiental en términos de su conservación y mantenimiento, por el contrario, el hombre ha establecido un sistema puramente crematístico.

Así, la economía tradicional ha intentado darle cabida al medio ambiente buscando describir el valor del uso de los recursos naturales en términos monetarios, lo cual Guhl (2006) traduce como la explicación del “funcionamiento del mundo natural en forma mecanicista [...] donde predomina lo científico y lo cuantitativo, y por lo tanto incompleto, que conduce a una interpretación simplista y lineal de nuestra relación con el mundo natural” de donde se intuye que los problemas ambientales y el valor de la naturaleza no son meramente crematísticos.

Es así como se estructura el campo de la Economía Ecológica, cuyo análisis va más allá de lo meramente monetario, al “contabilizar los flujos de energía y los ciclos de materiales en la economía humana, analizar las discrepancias entre el tiempo económico y el tiempo biogeoquímico, y estudiar la coevolución de las especies y de las variedades agrícolas con los seres humanos” (Martínez – Alier y Roca, 2001).

Desde la perspectiva de la economía ecológica, Escobar (2005) plantea que el valor de la naturaleza no se puede evaluar sólo en términos económicos. “Existen procesos económicos y políticos que

contribuyen a definir el valor de los recursos naturales que no se pueden reflejar en los precios del mercado. De hecho, en muchos casos los procesos económicos y ecológicos son inconmensurables hasta el punto de que las comunidades valoran el medio ambiente por razones distintas a las económicas”

De esta manera, como lo mencionan Martínez–Alier y Roca (2001), a través de la Economía Ecológica se contabilizan los flujos de energía y los ciclos de materiales de la ecología humana, tomando como núcleo de estudio “la (in)sustentabilidad ecológica de la economía, sin recurrir a un solo tipo de valor expresado en un único numerario”, sino que además se toma en cuenta la evaluación física de los impactos ambientales resultados del proceso económico.

La Economía Ecológica se centra en el análisis sobre el conflicto existente entre la economía convencional y el medio ambiente, de tal forma que, a diferencia de la economía tradicional que se limita a un sistema cerrado en que confluyen productores y consumidores (Figura 1), la economía ecológica percibe la economía como un sistema abierto tanto a la entrada de energía y materiales, como a la salida de residuos (Figura 2).

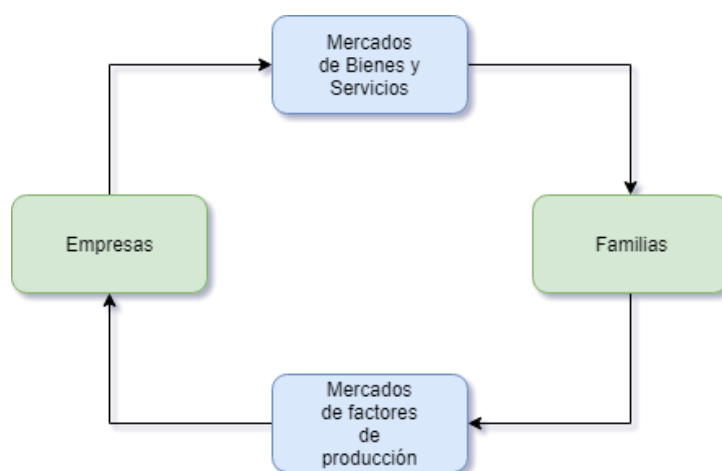


Figura 1. La economía como sistema cerrado. Fuente: Martínez - Alier, J., Roca, J. (2001)

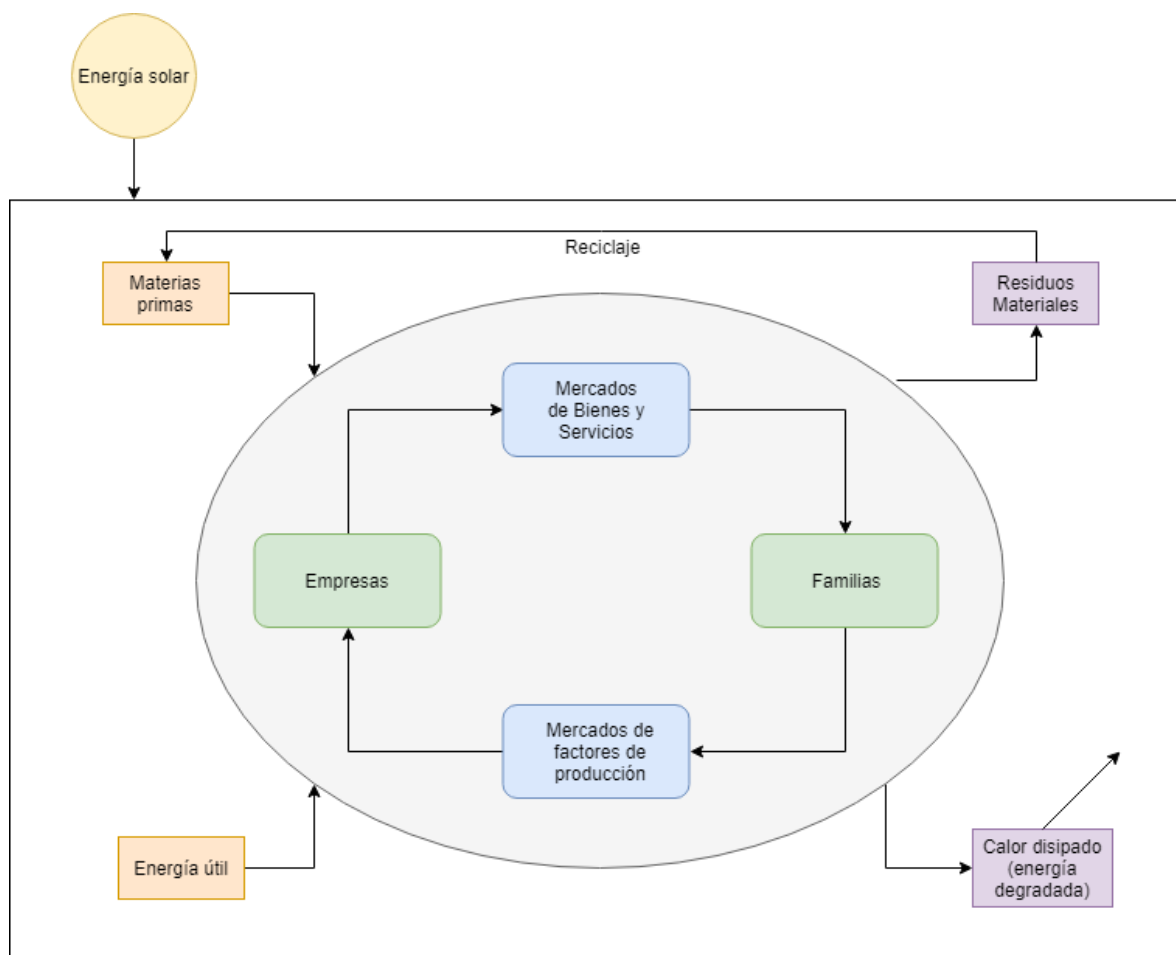


Figura 2. La economía como sistema abierto. Fuente: Martínez - Alier, J., Roca, J. (2001)

3.2. Economía Ambiental

Por su parte, y a diferencia de la Economía Ecológica, la Economía Ambiental sienta sus bases sobre el uso de las herramientas de la economía para tratar las externalidades negativas causadas sobre el medio ambiente, siendo estas aquellas que recaen de manera perjudicial sobre otros grupos de interés, con el fin de optimizar el proceso de explotación de recursos y lograr un estado de “contaminación óptima” que permita el crecimiento económico aprovechando de manera sostenible el uso de recursos naturales.

En el campo de la Economía Ambiental, de acuerdo con Azqueta (2007), en los diferentes problemas ambientales tiende a aparecer un elemento económico común, los agentes, quienes van

desde gobiernos y empresas hasta el campesino o ciudadanos de a pie, y son estos los principales actores en la degradación ambiental ya que en el proceso de toma de decisiones no toman en cuenta el valor de los servicios de la biosfera, que aprovechan e impactan negativamente. Por tanto, la Economía Ambiental se ha encargado de establecer métodos para cuantificar el Valor Económico Total (VET), el cual descompone el impacto ambiental en varias categorías de valor de acuerdo con los atributos del bien o servicio, incluyendo sus valores de uso y no uso (Dixon y Pagiola, 1998).

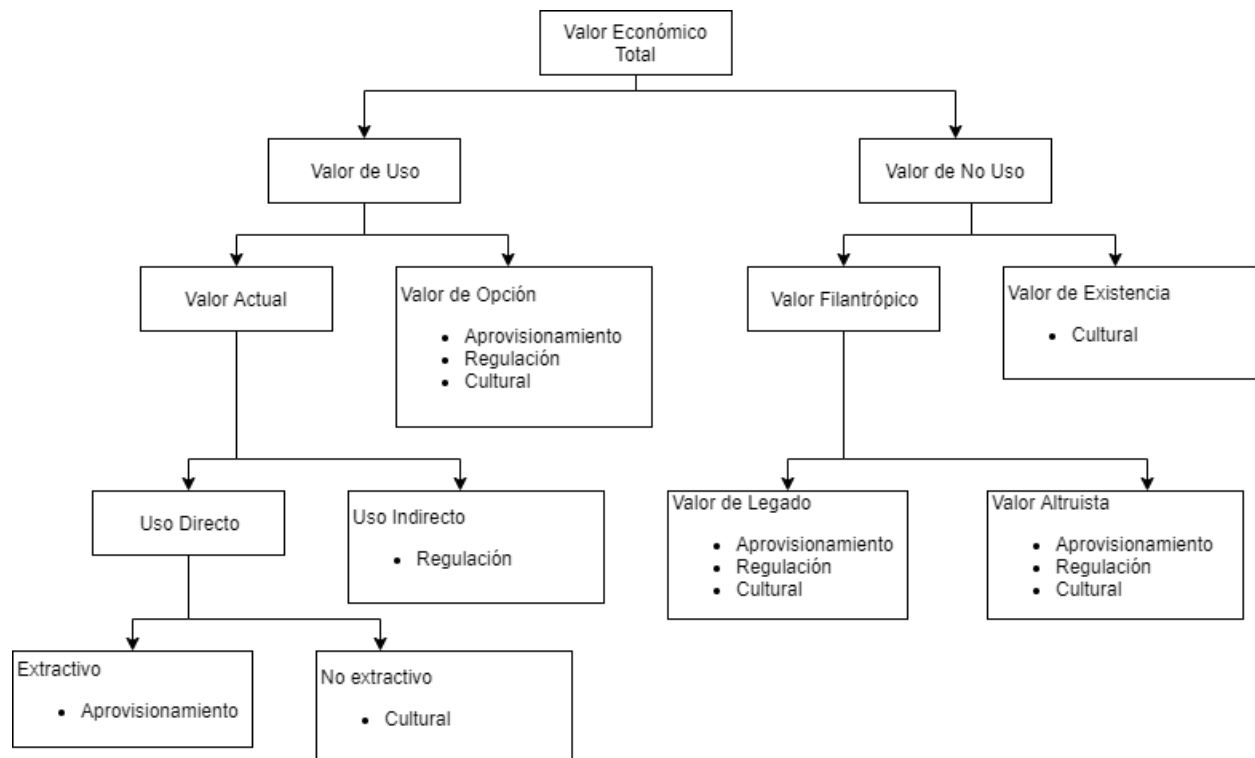


Figura 3. Tipología del Valor Económico Total. Fuente: Castro et al (2013)

Con fines de conocer el valor de mercado de los servicios ambientales, la Economía Ambiental hace uso de los Métodos de Valoración de la Calidad Ambiental, los cuales no son más que herramientas del análisis económico divididas en métodos de valoración indirectos y directos, donde los primeros intentan descubrir el valor de los servicios ambientales basados en la relación de complementariedad o sustituibilidad entre los bienes ambientales y los bienes normales o

corrientes, y los segundos que dan un valor al ambiente, especialmente, pero no exclusivamente por su valor de no uso (Azqueta, D., 2007). Dichos métodos serán expuestos abajo.

Un ejemplo del valor de mercado asignado a los servicios del medio ambiente se esboza en los llamados impuestos pigouvianos, de acuerdo a los cuales se procura la corrección de las externalidades basados en la premisa de que *el que contamina paga*, buscando el equilibrio deseado con respecto al medio ambiente, es decir, la calidad ambiental a la que no se quiere renunciar, dando la potestad a los gobiernos cuando se procuren realizar actividades que afectan perjudicialmente a los demás, que estos puedan imponer un impuesto sobre esa actividad para reducir los incentivos de llevarla a cabo. (Sala i Martín, 2013)

3.3. Métodos de Valoración Económica del Medio Ambiente

El estudio de impacto del Antropoceno muestra directamente la dinámica de explotación de los recursos naturales, ya que dicho periodo es en el cual se ha generado la mayor presión en las funciones abastecedora y asimiladora del ambiente, que a fin de cuentas son aquellas que aportan las materias primas y reciben los residuos de la actividad económica respectivamente, además de soportar el crecimiento de las fronteras económicas que conllevan a una mayor extracción de recursos, y asimismo, a una mayor generación de residuos que deben ser asimilados en la biosfera para el desarrollo del metabolismo social de la actividad económica.

Dado que, para el mercado proveer precios a los servicios ecosistémicos no resulta sencillo cuando se procura únicamente encontrar el valor que la sociedad da a estos, se ha buscado desagregar el impacto ambiental en valores individuales con fines de cuantificar el valor económico de los servicios ambientales. Para esto se han definido diversos métodos de valoración económica del Medio Ambiente, los cuales buscan descubrir el Valor Económico Total o aquel precio de los

bienes que incluye su valor de uso directo, indirecto y/o valor de no uso, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

Tabla 2. Categorías de Valor de Bienes y Servicios Ambientales. Fuente: Dixon y Pagiola (1998), Azqueta (2007).

Tipo de Valor	Definición
<i>Valor de Uso Directo</i>	Es aquel que proviene de bienes que pueden ser extraídos, consumidos o disfrutados directamente, como la madera del bosque, una caminata en este, etc.
<i>Valor de Uso Indirecto</i>	Conocido como valor funcional o no extractivo, se refiere a los servicios que provee el ambiente sin necesidad de ser tomados físicamente desde este, tales como beneficios estéticos del paisaje, el papel de los humedales en la filtración del agua, etc.
<i>Valor de No Uso</i>	Se refiere al valor de existencia o de legado, derivado de los beneficios que el ambiente puede proveer sin ninguna forma de uso directo o indirecto, por ejemplo, el valor de existencia que los seres humanos le dan a algunas especies así nunca las hayan visto o las vayan a ver.

Ahora, de acuerdo con los valores de bienes y servicios ambientales mencionados anteriormente se han establecido distintos métodos de valoración del ambiente, siendo clasificados principalmente en métodos indirectos y directos, de donde los métodos indirectos de valoración procuran encontrar el valor de bienes y servicios del medio ambiente que no se tranzan en el mercado, basándose en preferencias reveladas a través de relaciones de complementariedad o de sustituibilidad de dichos bienes (Azqueta, 2007).

Por su parte, los métodos directos se establecen de acuerdo con la actuación de los individuos en un mercado competitivo en el cual buscan maximizar su utilidad (Sotelsek, 1998), basándose en preferencias declaradas de acuerdo con la disponibilidad a pagar (DAP) de estos en un mercado en el cual se le asignan precios a los bienes y servicios ambientales. En la figura 4 se resumen los principales métodos de valoración del Medio Ambiente de acuerdo con distintos autores.

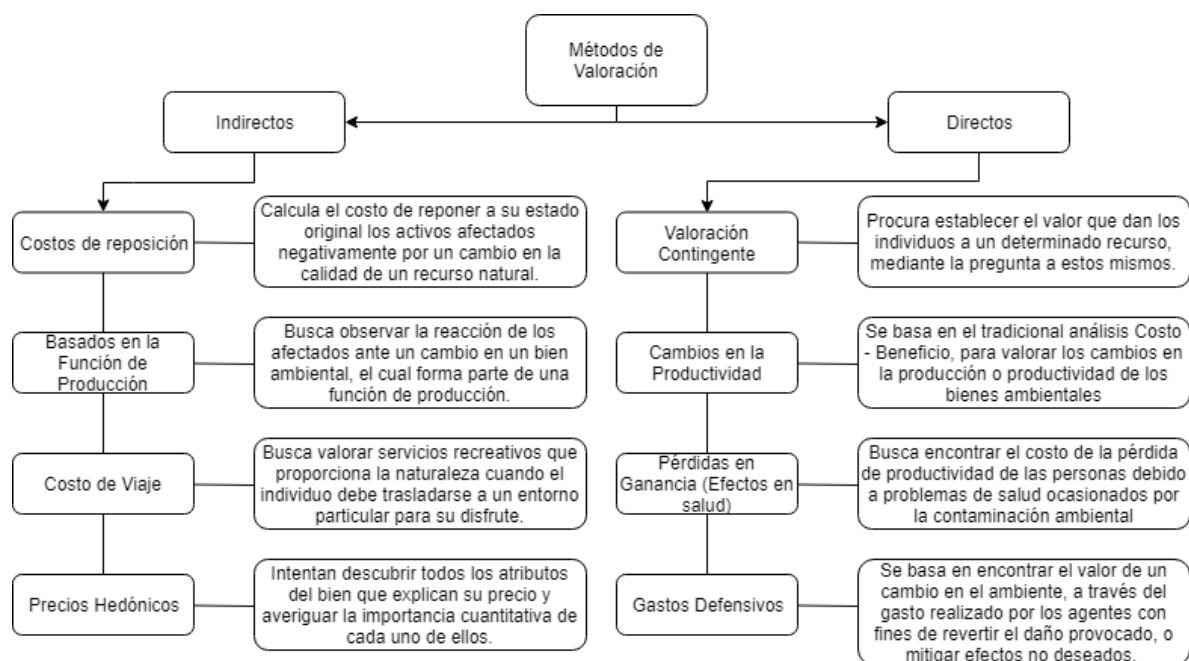


Figura 4. Síntesis de los Métodos de Valoración del Medio Ambiente. Fuente: Azqueta (2007), Dixon (1994), Reveret et al (1990), Hufschmidt et al (1983).

3.4. Pasivos Ambientales

Cuando se habla de “Pasivo”, de acuerdo con el diccionario de la Real Academia Española, se hace referencia al valor monetario total de las deudas y compromisos que gravan a una empresa, institución o individuo. Por su parte, los Pasivos Ambientales, corresponden a la deuda ecológica creada por los procesos económicos, es decir, los costos que en términos de la degradación del medio ambiente han sido trasladados a distintos grupos poblacionales, ecosistemas y a las futuras generaciones.

Los pasivos ambientales, según la Unión Europea, implican una situación en la que un contaminador puede ser identificado como responsable de provocar daños en el medio ambiente debido a sus actividades (Zografos y Rodríguez, 2014; DOUE, 2004). Es decir que los pasivos ambientales corresponden a los costos ecológicos que no han sido pagados por la actividad productiva generadora de estos, y terminan siendo trasladados.

Debido a la externalización de los impactos medioambientales que produce la actividad económica y a la imposibilidad de sustitución de muchas funciones y servicios ambientales, se ha introducido el concepto de deuda ecológica, los primeros debates sobre el concepto en Latinoamérica tienen su origen aproximadamente en el año 1990, impulsados por el Instituto de Ecología Política de Chile (Rico, 2005), algunas ONG latinoamericanas y también por Amigos de la Tierra; en el año 1992 en la Cumbre de Río se propone una deuda ecológica en contraposición a la deuda externa.

Goeminne y Paredis (2009) citan a Martínez-Alier (2002), quien establece que la deuda ecológica está compuesta por dos partes: Primero el intercambio ecológicamente desigual que es responsable de los costos no pagados por la reproducción, mantenimiento o gestión sostenible de los recursos renovables que se han exportado, los costos por la falta de disponibilidad en el futuro de los recursos naturales destruidos, la compensación no pagada por la recuperación de los daños locales producidos por las exportaciones y la suma no pagada correspondiente al uso comercial de la información y conocimiento sobre los recursos genéticos cuando ha sido apropiada. El segundo componente de la deuda ecológica está en que los países ricos hacen un uso desproporcionado de los espacios o servicios ambientales sin pagarlos e incluso sin reconocer los derechos de otras personas sobre tales servicios, de este uso desproporcionado cae la responsabilidad sobre los costes no remunerados de reparación o compensación por los impactos causados por la importación de residuos tóxicos y los gastos no pagados por la libre disposición de los residuos gaseosos contaminantes.

En lo que corresponde a la presente investigación, el pasivo ambiental se configura como la medición en términos monetarios del impacto ambiental producido in situ por la actividad económica, específicamente, los impactos producidos por el uso de las funciones medioambientales de provisionamiento de materias primas y de asimilación de desechos. En este

sentido, se tomarán herramientas de la Economía Ecológica, la cual aporta indicadores biofísicos, y de la Economía Ambiental, la cual contribuye con los métodos de valoración monetaria del medio ambiente, con fines de que a través de estas se pueda dar un acercamiento a la deuda ecológica generada por el uso del agua en la agricultura colombiana.

Debe tomarse en cuenta que la medición de los pasivos ambientales en términos monetarios, a pesar de dar un acercamiento al valor de la deuda ecológica generada por la actividad productiva, no es suficiente para abordar el costo de las injusticias ambientales, donde existen “valores inconmensurables incluyendo los valores culturales, estéticos y espirituales, que aunque no existe una unidad de medida que los caracterice a todos, se deben tener en cuenta en la conformación de los pasivos ambientales” (Correa, 2019).

De esta manera, es menester en la valoración de los pasivos ambientales contemplar valores plurales que den cuenta del verdadero impacto de la actividad económica sobre la naturaleza y la sociedad, de tal forma que además de la medición monetaria de los impactos biofísicos, se tomen en cuenta otras dimensiones como la ecológica y la cultural, que, aunque no se abordan en la presente investigación, se recomienda para futuras investigaciones.

A pesar de que la investigación realizada se centra en el uso del agua para estimar el pasivo ambiental generado por la producción agrícola, no se debe olvidar que esta es solamente una parte de la deuda ecológica, son variadas las externalidades, hablando en términos de la economía tradicional, que deberían tenerse en cuenta a la hora de calcular el costo de la producción agrícola y el pasivo total de dicha producción, como lo son, el costo de la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad, la contaminación ambiental y todos los efectos asociados a la transformación de los inputs energéticos asociados a la agricultura.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se enfoca en la estimación de los pasivos ambientales asociados al uso del agua producidos por la actividad agrícola en Colombia, dicha estimación se realiza para todos los cultivos producidos en Colombia a partir de 1961 hasta el año 2014, exceptuando los cultivos ilícitos. Para esto se hace uso de bases de datos creadas bajo el proyecto MESOCA-ANCA de la Universidad del Valle, en las que se han recolectado y estimado diferentes variables de insumo.

La mayor parte de la información recolectada proviene de la base de datos FAOSTAT perteneciente a la Organización Mundial para la Agricultura y la Alimentación – FAO, con excepción de la palma aceitera de la cual se han tomado los datos almacenados en las bases de datos de Fedepalma. La información recolectada se hace necesaria para caracterizar el sector agrícola colombiano en términos de área sembrada, rendimiento, producción total y estructura de los cultivos, en lo cual se destina la primera parte de la investigación (capítulo 5) con fines de ahondar en la actividad agrícola colombiana.

En la segunda parte de la investigación (capítulo 6), con el fin de conocer los volúmenes de agua usados en la agricultura colombiana se recurre al concepto de Huella Hídrica (HH), que corresponde “al volumen total de agua dulce que es usada para la producción de bienes y servicios consumidos por los individuos, negocios o naciones” (Chapagain y Hoekstra, 2004).

La HH se compone de tres huellas distintas, Huella Hídrica Azul, que es el volumen total de agua usada recogida de fuentes hídricas desde la siembra hasta la cosecha por cada tonelada de producto generada, la HH Gris que corresponde al volumen de agua teórico necesario para lograr la dilución de un contaminante de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor y la HH Verde que corresponde al volumen de agua lluvia que se consume por la vegetación y no se

convierte en escorrentía (Arévalo, 2012). La medición de la Huella Hídrica Azul, Verde y Gris se realizó en el marco del proyecto MESOCA – ANCA y fue actualizada para la presente investigación.

Conociendo la Huella Hídrica de los cultivos se calculó el pasivo ambiental asociado al uso del agua en la agricultura, en esto se dedicó la tercera parte de la investigación (capítulo 7). Usando la HH se han calculado dos pasivos ambientales diferentes, el primero asociado al uso del agua para riego agrícola a través de la HH Azul y el segundo asociado al uso del agua como asimiladora de los desechos de la agricultura por medio de la HH Gris.

Para estimar los pasivos ambientales se recurrió al concepto de Estudio o Análisis de Impacto Ambiental (EIA), complementado con los métodos de valoración económica del medio ambiente de la Economía Ambiental. Los EIA se encargan de evaluar los efectos ambientales de los proyectos sobre el medio ambiente y los segundos de la valoración monetaria, cuando sea factible, de estos impactos de acuerdo con la disponibilidad a pagar de los individuos (DAP).

Para calcular el pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego, se hizo uso de la Huella Hídrica Azul, la Tasa por Uso del Agua (TUA) y el costo de mantener una cuenca hidrográfica conservando la cantidad y calidad del agua, este último fue ajustado a los diferentes años de estudio para calcular de acuerdo con los métodos de valoración de la Economía Ambiental, el costo de reposición de los caudales de las cuencas hidrográficas usadas para el riego agrícola conforme al volumen de agua extraída medido a través de la HH Azul, esto se especifica a detalle en el capítulo 7, numeral 1.

En el numeral 2 del capítulo 7 se calculó el pasivo ambiental asociado al uso del agua para la agricultura correspondiente a la deuda ecológica generada por el uso del agua como fuente

receptora de los desechos producto de los excedentes de fertilizantes sobre los cultivos, los cuales llegan a los cuerpos de agua por fenómenos de infiltración o de escorrentía. Para este caso, a través del proyecto MESOCA – ANCA se ha calculado la HH Gris tomando como referencia el excedente de nitrógeno que podría llegar a las aguas en el proceso de fertilización de los cultivos.

En este caso, para calcular el pasivo generado se toma de la economía ambiental el método de valoración económica de servicios ambientales denominado Gastos Defensivos, en el cual se estiman los cambios en el bienestar de los individuos como consecuencia de modificaciones en variables ambientales (Sotelsek, 1998), para esto se hace uso del costo de construcción de franjas de protección (Buffer Strip), que logren mitigar el impacto de la disposición de desechos de la agricultura sobre los cursos de agua.

Después las estimaciones anteriores, se calcula el pasivo ambiental total asociado al uso del agua para la agricultura como la suma de los pasivos estimados por el uso del agua para riego y como asimiladora de los desechos producidos por la actividad agrícola.

5. CARACTERIZACIÓN DEL SECTOR AGRÍCOLA

En este capítulo se aborda el primer objetivo de la investigación, a través del cual, a partir de información almacenada principalmente en la base de datos FAOSTAT de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación – FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), se caracterizó al sector agrícola colombiano de acuerdo con las siguientes variables:

- Tipo de cultivo
- Área sembrada (hectáreas)
- Producción (toneladas)
- Rendimiento (toneladas/hectáreas)

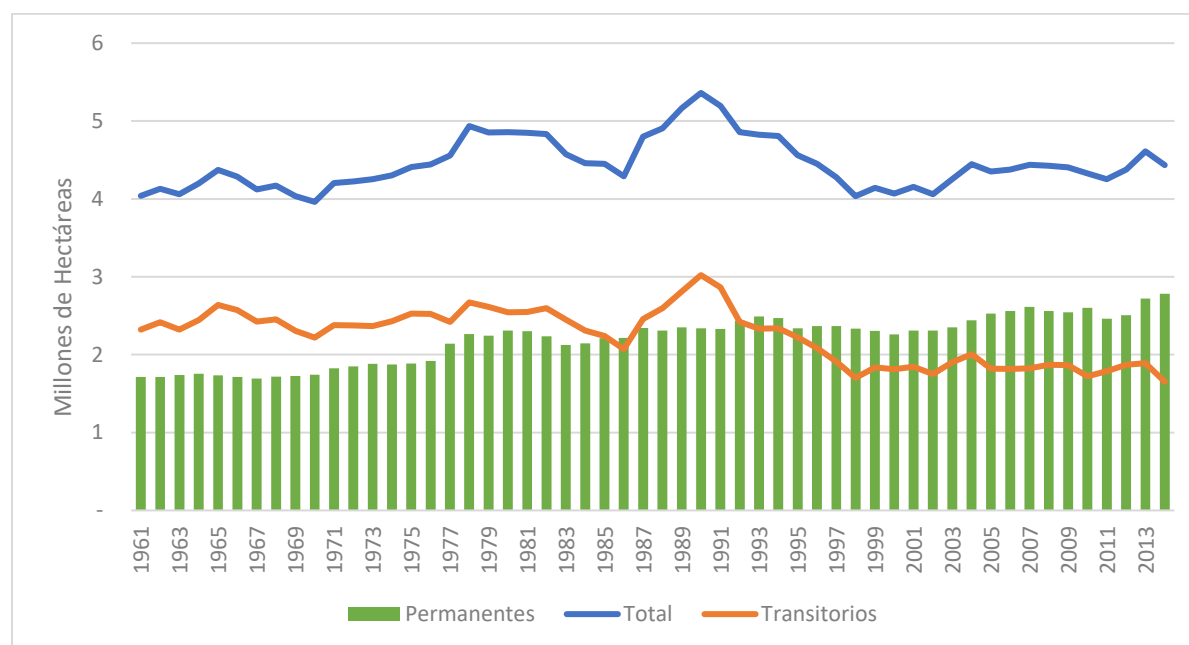
La estructura de los cultivos se ha dividido en dos grandes segmentos diferenciados por las características intrínsecas de las plantaciones: cultivos permanentes o perennes y cultivos transitorios. Los cultivos permanentes son aquellos que después de plantados llegan en un tiempo relativamente largo a la edad productiva, dan muchas cosechas y terminada su recolección no se los debe plantar de nuevo. Por el contrario, los transitorios son cultivos cuyo ciclo de crecimiento es, en general, menor de un año y tienen como característica fundamental que después de la cosecha deben volver a sembrarse para seguir produciendo (Minagricultura, 2015).

5.1. Área Sembrada

La agricultura como parte significativa del desarrollo económico colombiano no tuvo grandes cambios en cuanto a la cantidad de hectáreas sembradas en el territorio nacional, variando solamente en un 10% entre 1961 y el 2014, el cambio significativo se presentó en el uso del suelo para la agricultura donde a causa de la apertura económica se genera una transición entre los

cultivos permanentes y transitorios, a través de la cual aumenta la cantidad de plantaciones de los primeros y se reduce la de los segundos.

La Gráfica 1, esboza en términos generales la situación planteada anteriormente, en donde se denota como a partir del año 1990 la cantidad de hectáreas sembradas presenta un abrupto descenso debido principalmente a la reducción en la cantidad de hectáreas de cultivos transitorios sembrados en el territorio nacional pasando de más de 3 millones de hectáreas sembradas en 1990, a cerca de 1.6 millones en 2014, siendo estos reemplazados por producción importada.



Gráfica 1. Área sembrada para producción agrícola en cultivos totales, cultivos permanentes y cultivos transitorios. Años 1961 – 2014.

En palabras de Pérez (2007), a través de la apertura económica “se redujeron las barreras a las importaciones facilitando la entrada de productos agropecuarios al país, asociados esencialmente a cultivos comerciales como soja, sorgo, maíz y cereales”. Lo anterior sumado a factores secundarios como la crisis agropecuaria de principios de los años 90, la cual afectó principalmente los cultivos transitorios (Prada, 1999), y al fenómeno de “El niño” por el cual los rendimientos de

algunos cultivos de tierra fría disminuyeron (Jaramillo, 1994), conllevó a generar incentivos para el monocultivo con fines de exportación.

Las hectáreas sembradas con cultivos permanentes tuvieron una tendencia ascendente en todo el periodo de estudio, pasando de aproximadamente 1.7 millones de hectáreas sembradas en 1961, a casi 2.8 millones en 2014, lo que se traduce en una tasa de crecimiento de estos cultivos del 62%. En lo que respecta a la crisis en el sector agrícola de inicios de los 90, algunos cultivos permanentes disminuyeron las superficies cultivadas (caña panelera, coco, fique, tabaco y yuca), pero el aumento y consolidación de otros como la caña de azúcar, banano, plátano, palma africana y frutales, fue determinante en el aumento de las áreas sembradas con este tipo de cultivos (Ocampo y Perry, 1995), acentuando la introducción de la producción agrícola colombiana en el uso de la tierra para el monocultivo. La tabla 3 presenta los principales cultivos producidos a partir de la apertura económica.

Tabla 3. Principales cultivos en Colombia a partir de la Apertura Económica.

Cultivo	Hectáreas promedio 1990 - 2014
Café verde	812.686
Maíz	617.892
Arroz	457.114
Plátanos	384.428
Caña de azúcar	383.182
Palma aceitera	219.398

Un claro ejemplo de la transición de cultivos transitorios a permanentes se denota con los cultivos oleaginosos transitorios como la soya, las semillas de algodón y el ajonjolí que, dada su falta de competitividad frente a Brasil fueron reemplazados por la palma aceitera que posee más posibilidades de exportación (Kalmanovitz y López, 2005). Este cultivo, así como el café y la caña de azúcar, genera alteraciones a los ecosistemas al aumentar la frontera agrícola ya que requiere grandes cantidades de tierra para ser explotada de “buena manera”, lo que afecta la fauna y la flora

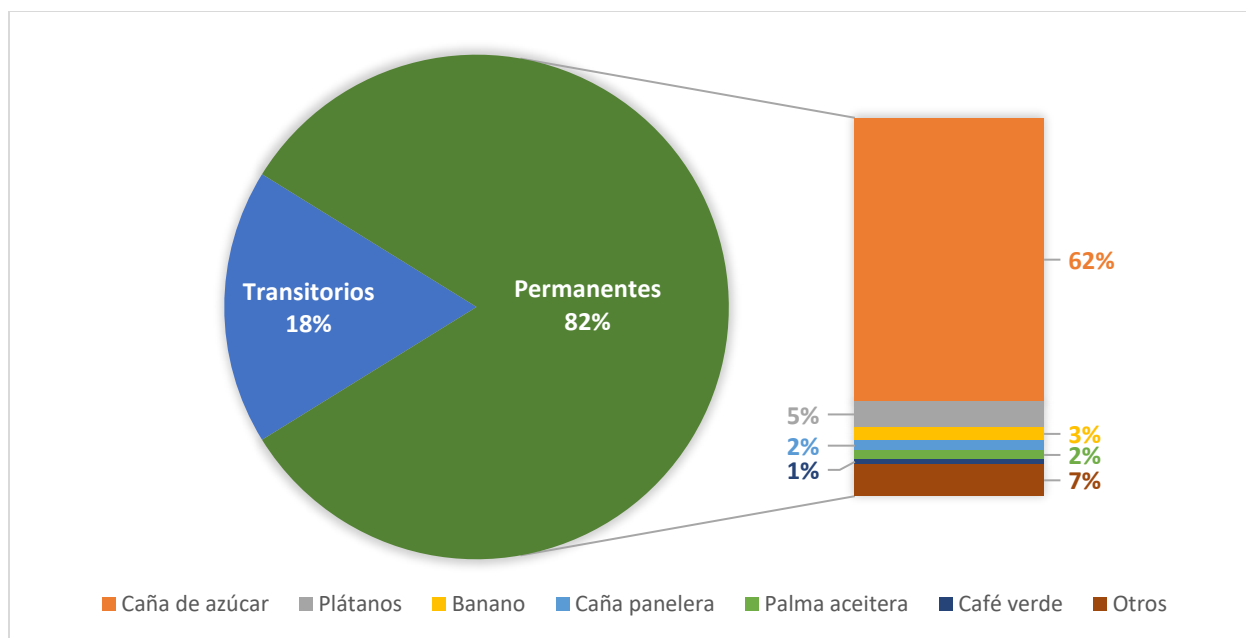
por la pérdida de bosques, además, estos cultivos demandan grandes cantidades de agua, por lo que en épocas de verano es necesaria la captación de agua de fuentes superficiales para su sostenimiento, como parte de los objetivos de la investigación, la demanda de agua de los cultivos se explica a detalle más adelante.

5.2. Producción

Debido a la ampliación del mercado interno y el proceso de urbanización, la demanda por alimentos creció a inicios del siglo XX dando paso a la importación de productos agrícolas, a través de la Ley 952 de 1.927, la cual llevó a que la producción agrícola en Colombia a partir del final de la primer mitad de este siglo, mostrara preponderancia en la producción cafetera, siendo seguido por la caña de azúcar, el maíz y los productos alimenticios que consumía la población como el plátano, la papa y el frijol (Kalmanovitz y López, 2005).

A partir de la segunda mitad del siglo XX son los mismos productos agrícolas los que dominan la producción, siendo la caña de azúcar la que lidera el tamaño de la producción al tecnificarla y encontrar mayores incentivos para su cultivo, pasando de 3 ingenios en 1.930 a 22 para el año 2017. A pesar de que como se vio anteriormente el área sembrada con café corresponde a más del doble del área cultivada con caña de azúcar debido en parte al peso de la caña.

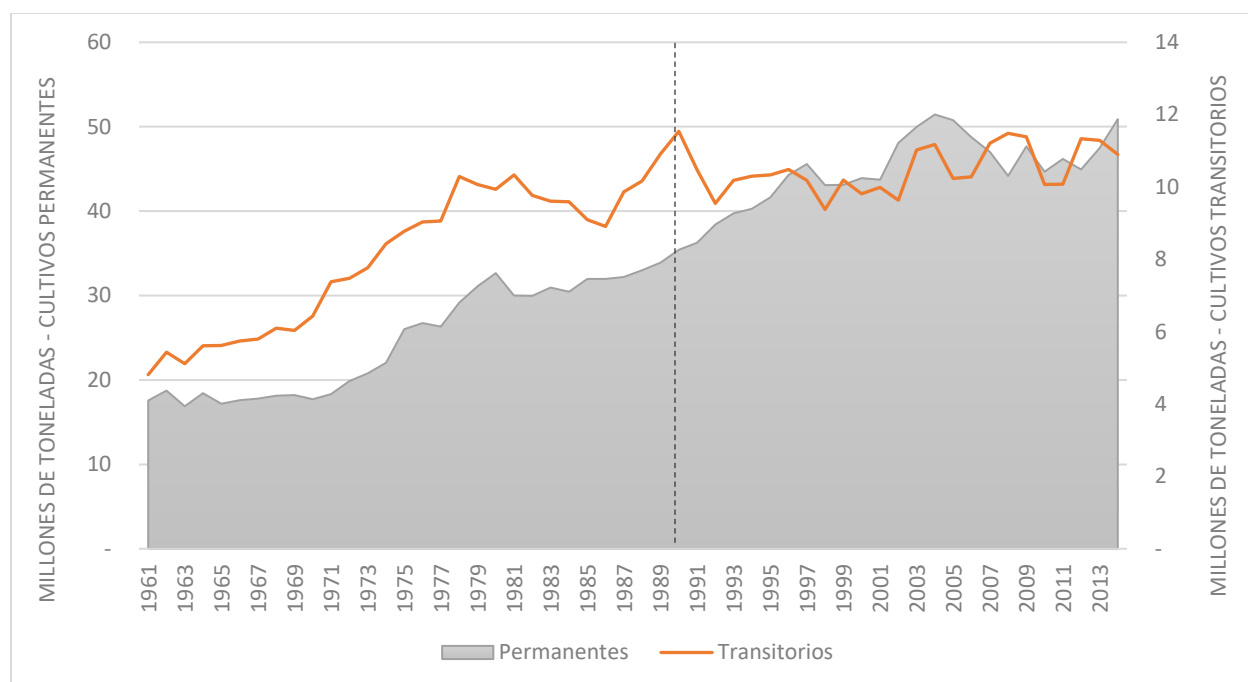
La gráfica 2, esboza como para el año 2014 el porcentaje de la producción agrícola medido en toneladas está distribuido en menos de una quinta parte en cultivos transitorios y más de cuatro quintas partes en permanentes, que a pesar de que la producción agrícola del país se ha concentrado en este segundo grupo, vale tener en cuenta el peso que tienen algunos cultivos permanentes en comparación a los transitorios.



Gráfica 2. Producción agrícola en porcentaje de toneladas sobre el total para el año 2014

Es importante resaltar como en el esquema de barras de la gráfica 2, se aprecia que la producción agrícola encuentra su mayor representante en el monocultivo de la caña de azúcar logrando alcanzar en el año 2014 el 62% de la producción de cultivos permanentes del país, que tal como lo manifiesta Pérez (2009), inicia su expansión en los años 70 al aumentar las exportaciones a EEUU debido a la cancelación de sus compras a Cuba y se acentúa a partir de los 90 con el fenómeno de apertura económica, logrando la consolidación de un gran clúster especializado en la producción y venta de productos asociados a la caña de azúcar.

En lo que corresponde al periodo 1961 – 2014 la producción agrícola ha presentado una tendencia creciente a través del tiempo con algunos periodos de crecimiento más acelerado que otros (Gráfica 3). Dicho crecimiento está impulsado mayormente por la especialización en cultivos permanentes, cuya producción ha tenido una tasa de crecimiento promedio anual del 2.2% pero con picos que alcanzan hasta el 9% de crecimiento de la producción en un año.



Gráfica 3. Producción de cultivos transitorios y permanentes en millones de toneladas. Años 1961 – 2014

En cuanto a los cultivos transitorios, se evidencia una tendencia creciente hasta el año 1990 a partir del cual se presenta un estancamiento en la producción de estos, que tal como se detalló anteriormente está ligado al fenómeno de apertura económica, mediante el cual la agricultura se especializó en la producción de cultivos permanentes con fines de aprovechar las “ventajas comparativas” del país y se dio facilidades a la importación de cultivos transitorios como la soja, sorgo, trigo, cebada, cultivos transitorios oleaginosos y demás cereales, dedicando la producción al monocultivo y dejando a un lado la problemática ambiental y social ligada a este tipo de cultivos.

Tabla 4. Principales cultivos producidos en Colombia en el año 2014. (Toneladas)

Cultivo	Producción (Ton) 2014
Caña de azúcar	38.157.131
Plátanos	3.467.332
Yuca	2.186.207
Papas	2.157.568
Maíz	1.881.652
Arroz	1.828.254
Banano	1.770.899
Caña panelera	1.388.554
Palma aceitera	1.111.429
Café verde	728.400

Por lo anterior, dado el fenómeno de apertura económica y la crisis agrícola a principios de los años 90 donde la producción de cultivos transitorios se vio mermada por el decrecimiento en las áreas cultivadas y el fenómeno del niño, la producción de cultivos permanentes logró compensar la situación presentando un crecimiento positivo, explicado por el favorable desempeño de cultivos como la caña de azúcar (Prada, 1999).

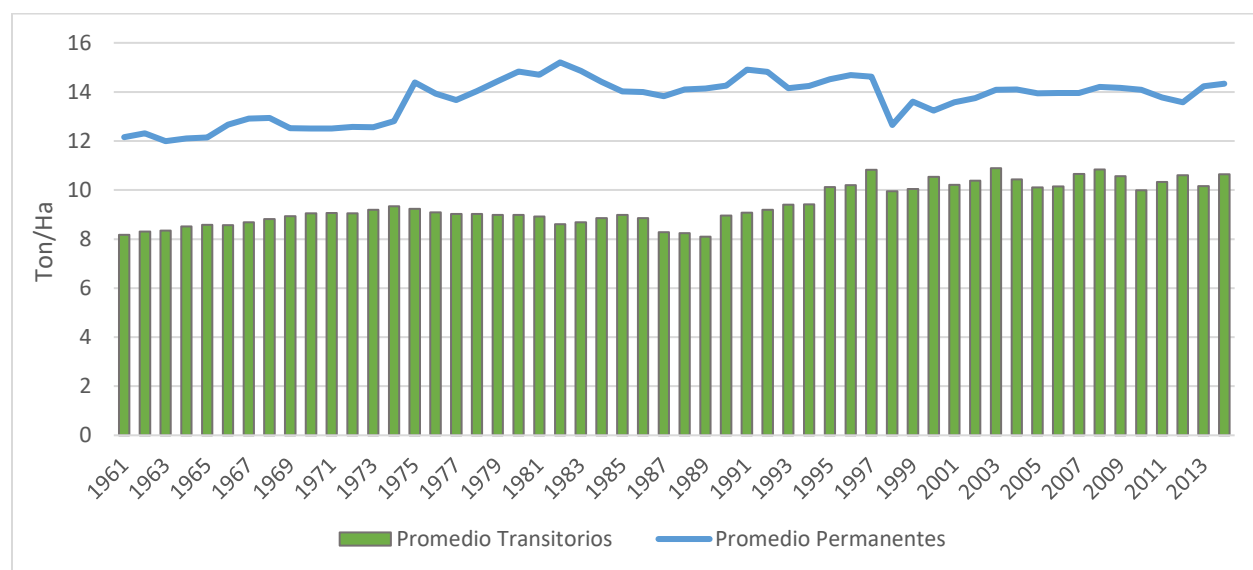
De manera consecuente con el área utilizada para la agricultura, la producción también se ve determinada por cultivos que están asociados a técnicas de producción de monocultivos, los cuales generan impactos como la pérdida de la biodiversidad, alteraciones del ciclo hidrológico, disminución de la producción de alimentos, degradación de suelos, pérdida de culturas dependientes de los ecosistemas originales, conflictos por tenencia de la tierra en territorios indígenas y de comunidades tradicionales, disminución de fuentes de empleo en zonas de tradición agropecuaria, expulsión de la población rural, deterioro del paisaje en zonas turísticas, etc. (WRM, 2008).

5.3. Rendimiento

Con respecto al rendimiento de los cultivos medido en toneladas por hectárea, al igual que en la producción, el peso de la caña de azúcar impulsa a los cultivos permanentes, por lo cual en todo el periodo de estudio la productividad promedio de estos sobrepasa la de los cultivos transitorios (Gráfica 5), además de lo anterior, debido también al cultivo de la caña de azúcar aumenta el rendimiento promedio de los cultivos permanentes dada la especialización que se da en la cosecha de estos cultivos a partir de 1970, pasando de un rendimiento de 45.6 *Ton/Ha* a 91 *Ton/Ha* en 2014.

A pesar del cambio en el uso del suelo para la agricultura consecuencia de la apertura económica, se denota en la gráfica 4 como el promedio de rendimiento de los cultivos transitorios a partir del

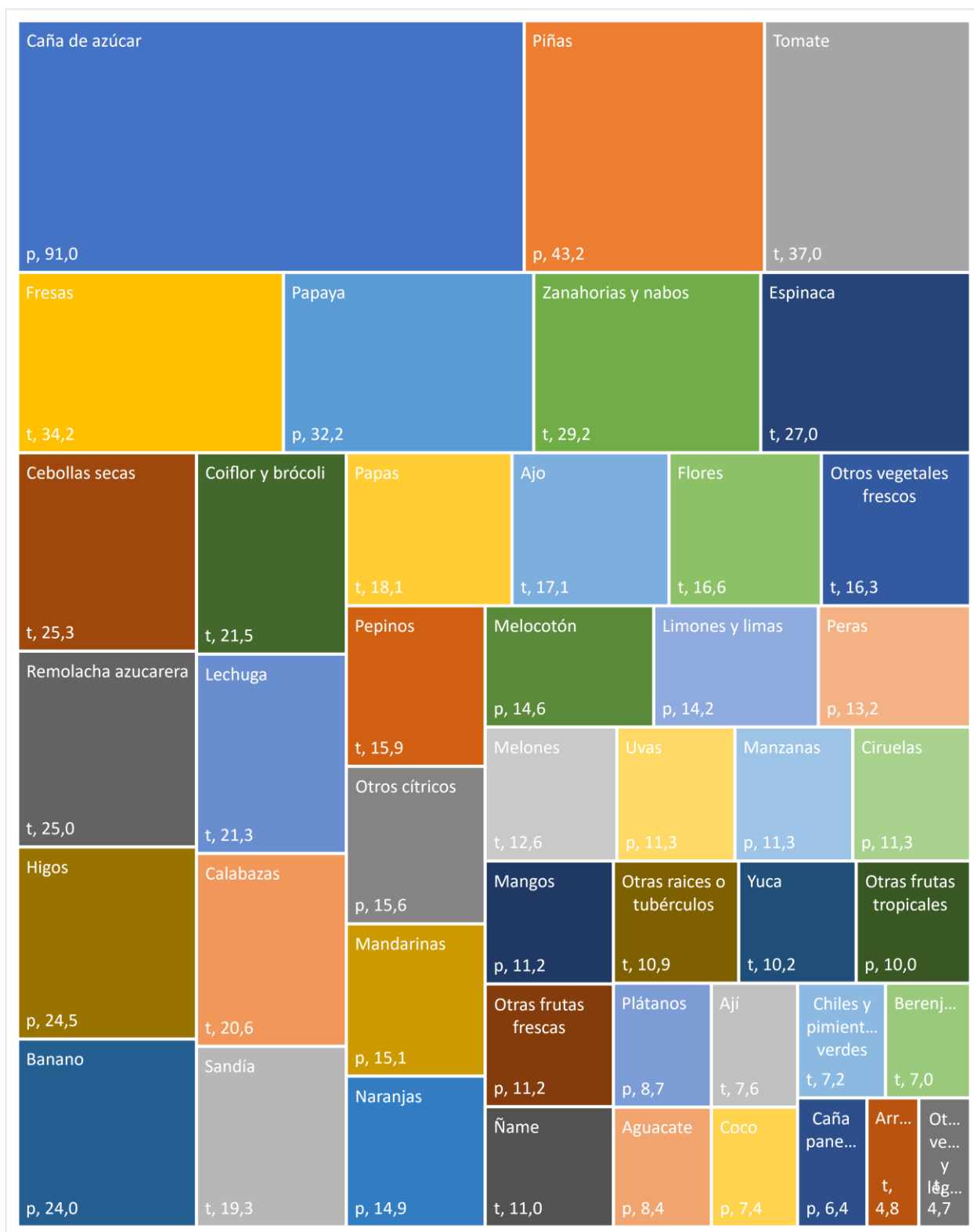
año 1990 presenta una tendencia creciente gracias al rendimiento de las hortalizas, tubérculos y las flores, rendimientos que se detallan en la gráfica 5 para el año 2014.



Gráfica 4. Rendimiento promedio en Ton/Ha para cultivos transitorios y permanentes

La gráfica 5, muestra como para el año 2014 se corrobora lo dicho anteriormente, de acuerdo con la gráfica el rendimiento del cultivo de la caña de azúcar sobrepasa significativamente a los demás cultivos, principalmente por ser tallos que alcanzan hasta 6 metros de altura y cuyo diámetro alcanza los 5 centímetros en promedio, aunque es importante resaltar que debido a la importancia para la agricultura industrial del cultivo de la caña, este ha sido optimizado con fines de obtener mayores dividendos como resultado de toda la producción que depende de este.

Se observa como cultivos como el café, el plátano, la palma aceitera, el maíz y el arroz, que abarcan gran parte del área cultivada de la producción nacional y de la demanda hídrica nacional, no alcanzan un rendimiento en toneladas por hectárea que les permita estar entre los 45 cultivos con mayor rendimiento, encontrando mayores rendimientos en frutales, hortalizas y tubérculos, lo cual deja para la reflexión si se está aprovechando verdaderamente el suelo para la agricultura en el territorio colombiano.



Gráfica 5. 45 cultivos con mayor rendimiento en Ton/Ha - Año 2014

Vale la pena tener en cuenta que desde el año 2016 la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria –UPRA, ha venido realizando un ejercicio de caracterización de aptitud de los cultivos agrícolas a partir del análisis de los componentes: físico (área, producción, rendimiento, precipitación, temperatura, índice climático, profundidad efectiva, disponibilidad de nutrientes, clase textural, grado de erosión, pendiente, susceptibilidad a deslizamientos, susceptibilidad a inundaciones y amenazas volcánicas); socioecosistémico (integridad ecológica, cobertura de la tierra, amenaza por incendio, ecosistemas estratégicos y deforestación), y socioeconómico (institucionalidad, seguridad, mercado laboral, condiciones de vida, distribución y trabajo de los predios, infraestructura y logística, costo de tierra rurales, indicadores económicos municipales).

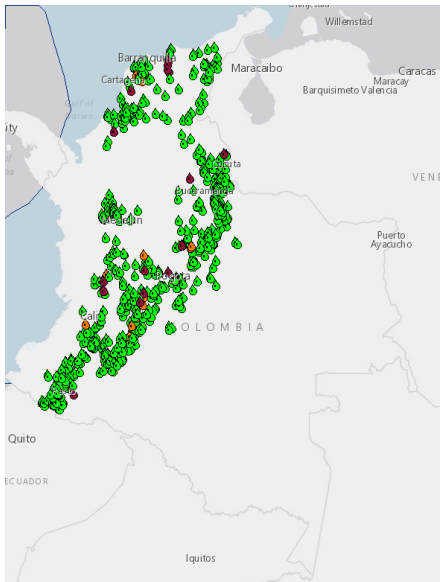
Este ejercicio, a la fecha de hoy continua en construcción, empero ya arroja algunos resultados importantes, como lo es el cálculo de la frontera agrícola (40 millones de hectáreas aptas para la producción), la ubicación de 731 distritos de riego de pequeña (695), mediana (18) y gran escala (18); áreas potenciales para adecuación de tierras con fines de irrigación, puntualizando en la disponibilidad, necesidad, y regulación del recurso hídrico, por tanto se recomienda para futuras investigaciones.

Tabla 5. Frontera Agrícola Nacional. Fuente: UPRA - 2016



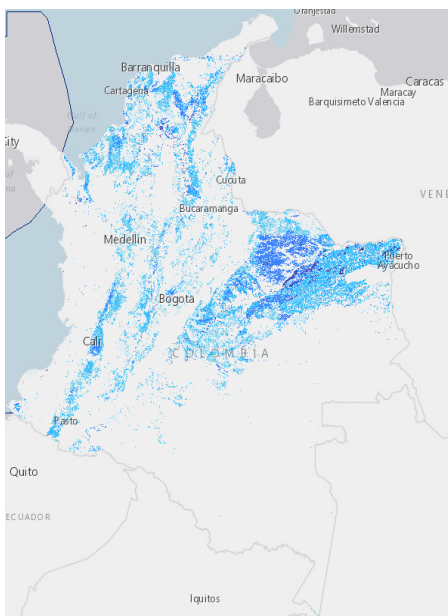
Categoría	Hectáreas	%
Frontera agrícola nacional	40.075.960	35,1
Bosques naturales o áreas no agropecuarias	48.193.667	42,2
Exclusiones legales	25.805.344	22,6

Tabla 6. Distritos de Riego a Nivel Nacional. Fuente: UPRA - 2016



Escala del distrito	Cantidad de distritos	%
Gran	18	2,5
Mediana	18	2,5
Pequeña	695	95,1

Tabla 7. Áreas Potenciales para Adecuación de Tierras con Fines de Irrigación, Disponibilidad, Necesidad y Regulación del Recurso Hídrico. Fuente: UPRA - 2016



Disponibilidad

Áreas potenciales	Hectáreas	%
D1 Alta	11.122.939	9,8
D2 Moderada	1.800.331	1,6
D3 Baja	3.415.635	3,0
D4 Crítica	2.117.253	1,9
Fuera de Frontera agrícola	95.618.812	83,8

Necesidad

Áreas potenciales	Hectáreas	%
N1 Alta	2.251.503	2,0
N2 Moderada	2.186.220	1,9
N3 Baja	14.018.435	12,3
Fuera de frontera agrícola	95.618.812	83,8

Regulación

Áreas potenciales	Hectáreas	%
R1 Alta	1.082.002	0,9
R2 Moderada	8.344.864	7,3
R3 Baja	9.029.292	7,9
Fuera de frontera agrícola	95.618.812	83,8

6. HUELLA HÍDRICA

Chapagain y Hoekstra (2004), definen la Huella Hídrica (HH) de un individuo, empresa o nación como el volumen total de agua que es usado para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo, empresa o nación. De este modo, la HH incluye el volumen de agua usada en la producción recogida de fuentes de agua superficiales como los ríos, lagos, embalses, etc., de fuentes subterráneas como pozos o manantiales, de fuentes pluviales consistentes en el agua lluvia y del agua utilizada para asimilar los desperdicios de la producción.

Además, dado que no todos los bienes consumidos en un país en particular se producen en él, la huella hídrica consta de dos partes: aquella que corresponde al uso de los recursos hídricos domésticos para el consumo y/o exportación desde dicho país, siendo esta denominada la huella hídrica interna, y aquella que requiere el uso del agua fuera de las fronteras del país para la importación del país en cuestión. Con el fin de proporcionar una imagen completa del uso del agua, la huella hídrica incluye tanto el agua extraída de las aguas superficiales y subterráneas como el uso del agua del suelo (en la producción agrícola). (Chapagain,y Hoekstra, 2004)

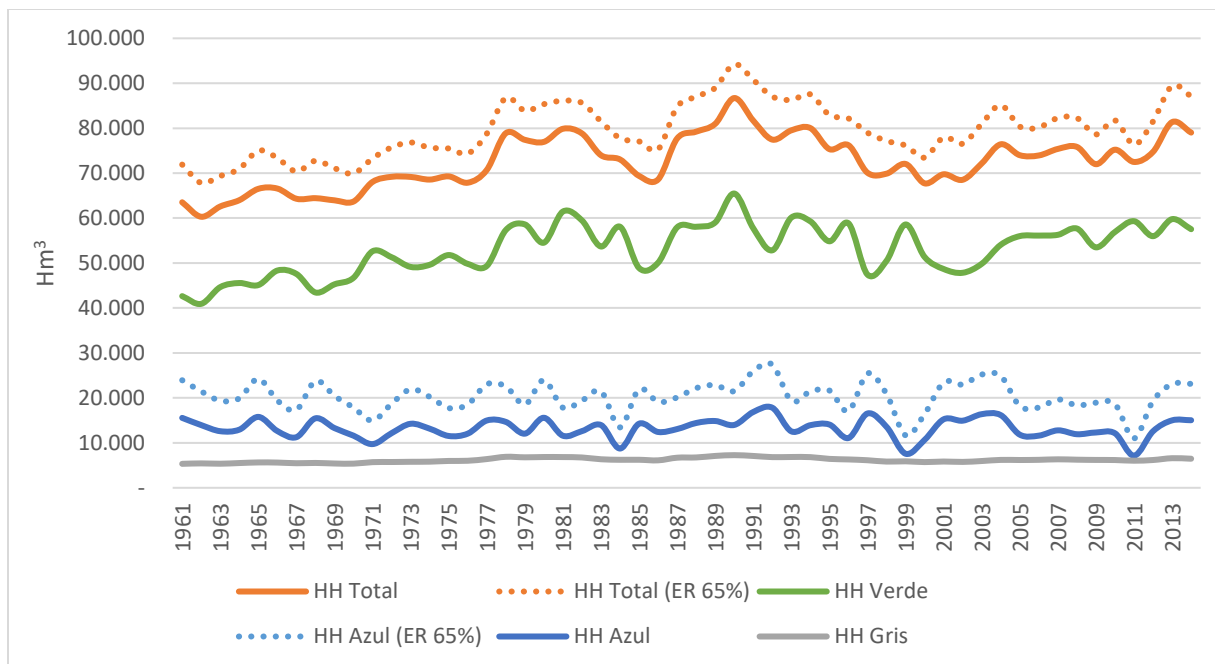
6.1. Huella Hídrica Verde, Azul y Gris

De acuerdo con el tipo de fuente hídrica usada para la recolección del agua consumida en la producción de bienes y servicios, se puede desagregar la HH total en tres componentes, Huella Hídrica Azul (HHA) para contabilizar el volumen de agua recogido de fuentes superficiales y subterráneas, Huella Hídrica Verde (HHV) que corresponde al volumen de agua recogida de las precipitaciones y la Huella Hídrica Gris (HHG) que se calcula de acuerdo con el volumen de agua necesaria para la dilución de los desechos vertidos en la producción.

El consumo de agua para la producción de bienes o servicios puede verse subvalorado de acuerdo a las maneras tradicionales de medición, por lo cual la Huella Hídrica es uno de los elementos usados en el contexto de la sostenibilidad fuerte para medir la deuda ambiental o ecológica, definida como, “los pasivos ambientales que genera una actividad económica por el uso indiscriminado de los recursos naturales y de los servicios ambientales sin que la actividad asuma plenamente los costos sociales asociados a estos impactos ecológicos” (Pérez y Álvarez, 2009).

Para encontrar la HH de los cultivos, a través del proyecto MESOCA-ANCA, se calcularon los Requerimientos de Agua de los Cultivos verde y azul (RAC), de acuerdo con los factores de precipitación efectiva, evotranspiración, constante de los cultivos (K_C) y las características de los cultivos vistas en el capítulo anterior. En el caso de la HHG, además de las características de los cultivos se utilizó para el cálculo información sobre los fertilizantes nitrogenados usados en los cultivos, áreas fertilizadas, y concentraciones de fertilizantes aceptadas. Además, se tomó en cuenta la pérdida e ineficiencia en los sistemas de riego, por lo cual para la HH Azul se hizo el cálculo de ésta asumiendo una eficiencia de riego (ER) correspondiente al 65%, la cual se computó en la HH Total.

De acuerdo con la Gráfica 6, se observa que la mayor proporción del agua requerida para el desarrollo de los cultivos proviene de las precipitaciones – HHV, siendo seguida por el agua tomada de las fuentes hídricas – HHA, y por último, el menor volumen de agua usado en los cultivos, proviene del total de agua utilizada para asimilar los desechos del proceso productivo – HHG, que tal como se mencionó, se calculó de acuerdo al excedente de fertilizantes de nitrógeno, no tomando en cuenta otros tipos de fertilizantes o pesticidas, por lo cual el volumen de agua necesaria para asimilar los desechos de la agricultura podría ser mayor.

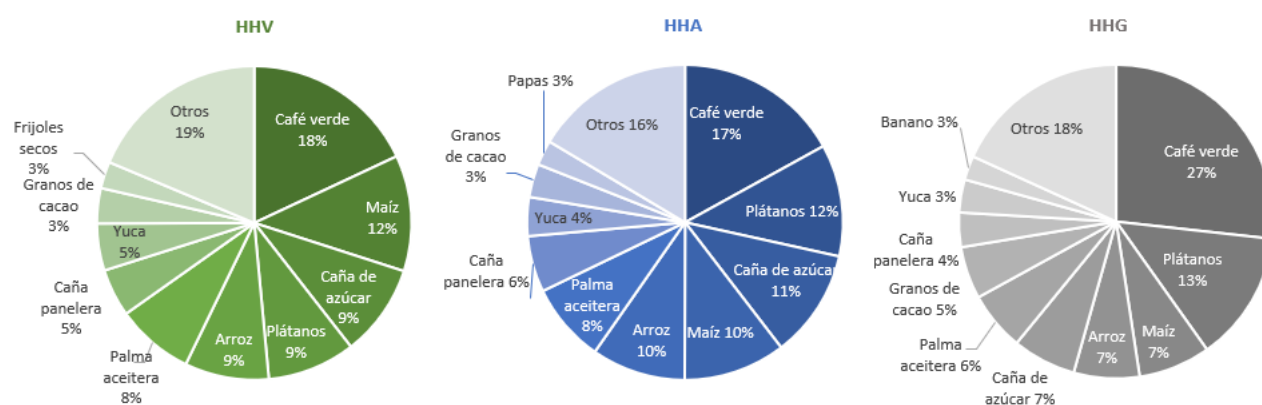


Gráfica 6. HH Total, Verde, Azul, Gris y HH Total y Azul con eficiencia de riego de 65%

Se observa como la demanda de agua en la agricultura colombiana ha presentado un comportamiento creciente a través de los años, pasando en términos netos (HH Total con eficiencia de riego del 65%) de 71.907 millones de metros cúbicos de agua en 1961 a 87.116 millones en el año 2014, lo cual corresponde a un aumento de más de 15.000 Hm³. Así mismo, se evidencia que en promedio más del 60% del agua usada en la agricultura proviene de las precipitaciones, alrededor del 30% del agua recogida de las fuentes superficiales y el 10% restante del agua necesaria para la dilución de la carga contaminante.

Al desagregar cada Huella Hídrica por cultivo (Gráfica 7), se encuentra similitud entre los principales cultivos generadores de esta, donde la mayor presión sobre el recurso hídrico tanto para la HHV, HHA y HHG está dado por los cultivos que, de acuerdo a la caracterización, fueron aquellos con mayores áreas sembradas y producción en toneladas, en este sentido se encuentra que para el año 2014, la mayor demanda de agua para la producción viene dada por el cultivo de café, que como se vio, en términos área sembrada supera a los demás cultivos en todo el periodo de

estudio, así mismo no resulta extraño que cultivos permanentes como el plátano, la caña de azúcar, la palma aceitera; y transitorios como el maíz y el arroz sean intensivos en el uso del agua, dado que la producción agrícola colombiana se ha especializado en estos conllevando a que el mayor porcentaje del área sembrada en el territorio colombiano corresponda a dichos cultivos.

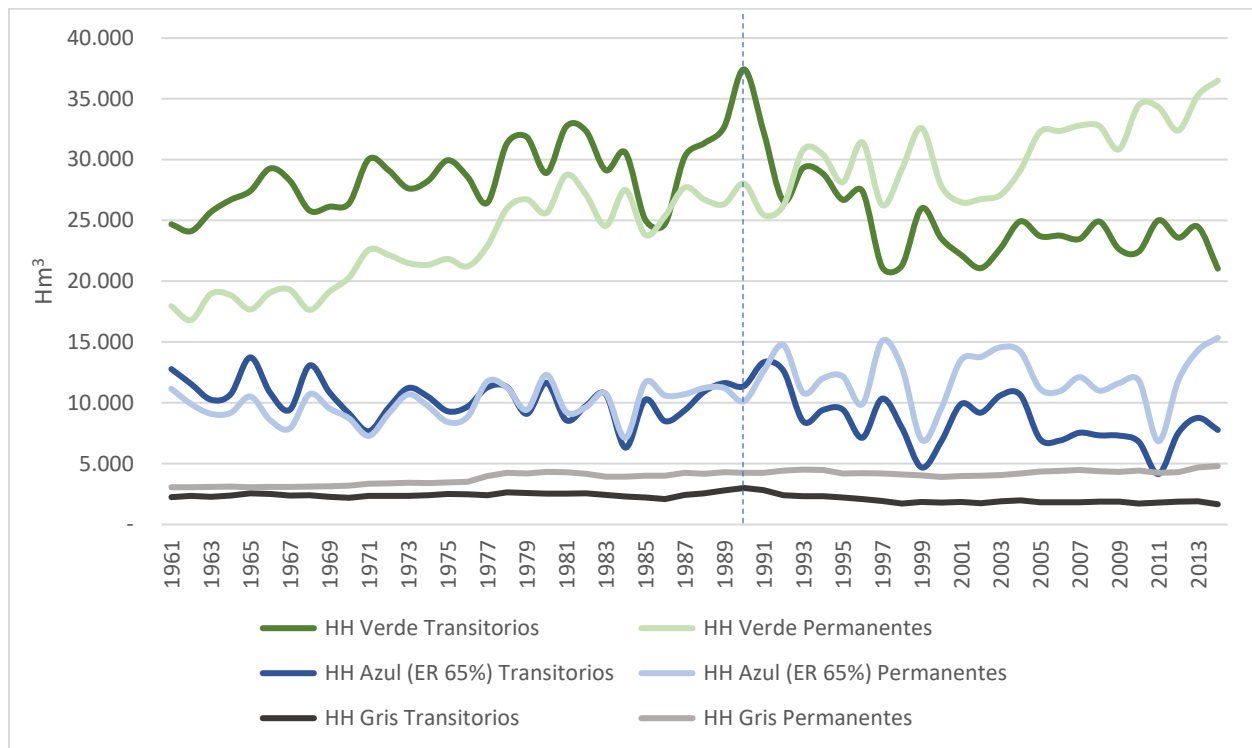


Gráfica 7. Principales cultivos generadores de la HHV, HHA (ER 65%) y HHG, año 2014

Al consolidar la HH Total con eficiencia de riego del 65%, para el año 2014 la mayor presión sobre el recurso hídrico está dada por el café (18%), el plátano (10%), la caña de azúcar (9%) y la palma aceitera (8%), siendo el café y el plátano principales productos de exportación en la industria agrícola colombiana, y la caña de azúcar el cultivo con mayor producción para abastecer todas las industrias que dependen de este. Por otro lado, los cultivos transitorios con mayor demanda de agua son el maíz (11%) y el arroz (9%), sumando entre estos 6 cultivos permanentes y transitorios, más del 66%, de la HH total con eficiencia de riego del 65%.

En lo que corresponde al cambio estructural generado por la apertura económica se encuentra que, a partir de la década de los años 90, el uso del agua para la agricultura, con excepción de la HHG, cambia de estar en mayores proporciones en los cultivos transitorios, a estar sobre todo en los cultivos permanentes y en mayores cantidades (gráfica 8), siendo esto consecuente con los cambios en la producción y la cantidad de hectáreas sembradas vistos en el capítulo 5 del presente trabajo.

Por tanto, además de que a partir de la apertura económica el suelo recibe con mayor impacto las “externalidades” asociadas al uso del suelo con técnicas de monocultivo asociadas a la producción de cultivos permanentes, el recurso hídrico también se ve afectado al crecer la demanda de agua de los cultivos tanto para el riego como para asimilación de desechos.



Gráfica 8. Huella Hídrica Verde, Azul y Gris por tipo de cultivo en Hm³.

7. VALORACIÓN ECONÓMICA DEL PASIVO AMBIENTAL ASOCIADO AL USO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA COLOMBIANA

Una vez estimada la demanda de agua de los cultivos, medida a través de la huella hídrica, llegamos al objetivo central de la investigación que corresponde a la estimación de los pasivos ambientales. Para esto, de acuerdo con los métodos de valoración económica del medio ambiente vistos anteriormente, se midió en términos monetarios el daño generado sobre el recurso hídrico como abastecedor y receptor de la actividad agrícola, ya que dicha actividad depende de la oferta hídrica para llevar a cabo el proceso de crecimiento de los cultivos desde la siembra hasta la cosecha, y es el agua la receptora de las descargas contaminantes del proceso de producción a través de la escorrentía.

De acuerdo con lo anterior se calculó el pasivo ambiental asociado al uso del agua tomada de fuentes hídricas para el riego de los cultivos medido a través de la HHA. Además, se calculó el pasivo generado por el vertimiento de sustancias contaminantes, las cuales, a partir del concepto de HHG se supone que se asimilan con cierta cantidad de agua haciendo un uso indirecto del recurso hídrico que no está incluido en los costos de producción.

Dado que deben tomarse en cuenta todas las formas de uso del agua en la agricultura generadoras de deudas con el medio ambiente, el resultado final del Pasivo Ambiental asociado al uso del agua en la agricultura colombiana resulta de la suma de los dos pasivos estimados, es decir, que el pasivo se compone de la deuda ecológica asociada al uso del agua extraída para riego y del agua como asimiladora de los desechos de la producción agrícola. Cabe resaltar que no se calcula un pasivo ambiental asociado al uso del agua que llega a través de precipitaciones, ya que la lluvia se

considera un bien público puro, del cual no se puede generar exclusión y por ende tampoco generar un costo sobre esta a los encargados de la actividad agrícola.

7.1. Pasivo Ambiental Generado por el Uso del Agua para Riego Agrícola

Desde la visión de la demanda de agua requerida por los cultivos para su desarrollo, se calcula el pasivo ambiental generado por el uso del agua para riego en la agricultura a partir de la Huella Hídrica Azul (HHA), indicador biofísico de los metros cúbicos de agua usados para el riego de los cultivos, calculado en el capítulo anterior.

Se estimó el costo de reposición del volumen de agua usado para el riego agrícola medido a través de la HHA, tomando como referencia el trabajo “El valor económico del agua para riego” realizado por Escobar y Gómez (2008), quienes utilizando la metodología de Costo Incremental Promedio de Largo Plazo encuentran el costo de mantenimiento por metro cúbico del caudal de la cuenca hidrográfica del río Tuluá, para conservar su cantidad y calidad del agua mediante distintas inversiones.

Dado que a través del artículo 43 de la Ley 99 de 1993 se estipuló el cobro de una Tasa por Uso del Agua (TUA) definida como “el cobro que se realiza a un usuario por la utilización del agua de una fuente natural, en virtud de una concesión de aguas” (Minambiente, 2014), reglamentada y puesta en vigor a través del Decreto 155 de 2004, se calculó el pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola como la diferencia entre el costo pagado por los agricultores a través de la TUA y el costo de recuperación del volumen de agua usado para el riego agrícola dado por la HHA.

Para estimar el Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para el riego agrícola se llevaron a cabo los siguientes pasos cuyos resultados se encuentra en el Anexo 1:

1. Estimación de la Tasa por Uso del Agua (TUA).
2. Cálculo del valor pagado por los agricultores por el uso del agua (VP).
3. Cálculo del costo de reparación de una cuenca hidrográfica por metro cúbico (CR).
4. Cálculo del Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola (PA)

Estimación de la Tasa de Uso del Agua

Para estimar la Tasa por Uso del Agua (TUA), se acopiaron las tasas que anualmente cobran las diferentes Corporaciones Ambientales del País (CAR) en cada año, a partir de 2004 en el cual entró en vigor dicho cobro. El cálculo se hizo a partir de una muestra de 12 CAR de las 33 existentes en Colombia, teniendo una representación entonces del 36% del total de CAR.

De acuerdo con las tasas recolectadas las cuales están dadas en COL\$ por metro cúbico de agua se calculó una tasa promedio ($\overline{TUA}$) anual desde el año 2004 hasta el año 2014. Dado que estas se encuentran a precios corrientes, se procedió a llevar a precios constantes tomando como año base 2014 dándole un índice igual a 100.

$$\overline{TUA} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TUA_i$$

Para los años anteriores a 2014 se calculó el índice de la siguiente manera:

$$\text{Índice}_t = \frac{\text{Índice}_{t+1}}{1 + \text{Variación IPC}}$$

Y se calculó la TUA a precios constantes ($\overline{TUA}_c$) como:

$$\overline{TUA}_c = \frac{\overline{TUA}}{\text{Índice}_t} * 100$$

Obteniendo los siguientes resultados para el periodo 2004 - 2014:

Tabla 8. Tasas por Uso del Agua a Precios Corrientes y Constantes (2014) en COL\$/m³. Cálculos propios.

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
$\overline{TUA} \left(\frac{\$}{m^3} \right)$	2,17	2,28	2,39	2,50	2,64	2,85	2,90	2,99	3,11	3,19	3,30
Variación IPC	5,9%	5,0%	4,3%	5,5%	7,0%	4,2%	2,3%	3,4%	3,2%	2,0%	2,9%
Índice	65,8	69,7	73,2	76,3	80,6	86,2	89,8	91,9	95,0	98,0	100
$\overline{TUA}_c \left(\frac{\$}{m^3} \right)$	3,29	3,27	3,27	3,28	3,28	3,30	3,23	3,26	3,27	3,25	3,30

Dado que para los años anteriores a 2004 no se había reglamentado el cobro por el uso del agua, se asume un costo equivalente de pago por parte de los agricultores para el periodo 1961-2003 igual a 3,27 COL\$/m³, suponiendo un pago hipotético por el uso del agua igual al promedio de los años para los que sí existe TUA.

Cálculo del valor pagado por los agricultores por el uso del agua

Para estimar el valor pagado (*VP*) por los agricultores por el uso del agua para riego se procedió a multiplicar el valor de la Tasa por Uso del Agua promedio calculada a precios constantes del año 2014, por la Huella Hídrica Azul (*HHA*) de cada año en todos los cultivos, la cual muestra el volumen de agua recogida de fuentes hídricas en metros cúbicos.

Cálculo del costo de recuperación de una cuenca hidrográfica

Escobar y Gómez (2008), encuentran que para el año 2007 el mantenimiento del caudal de la cuenca hidrográfica del río Tuluá, para conservar su cantidad y calidad del agua, tiene un costo (*CM*) de COL\$ 3.83 por metro cúbico. Este valor es llevado a precios constantes del 2014 (*CM_c*) haciendo uso de los índices ya calculados:

$$CM_c = CM * \frac{\text{Índice}_{2014}}{\text{Índice}_{2007}} = 3.83 * \frac{100}{76.3} = 5.02 \text{ \$/m}^3$$

Ahora, este Costo de Mantenimiento de una cuenca hidrográfica (CM_c) se multiplicó por la HHA , dando como resultado el costo de recuperación en términos de calidad y cantidad del volumen de agua usado para el riego agrícola en Colombia (CR).

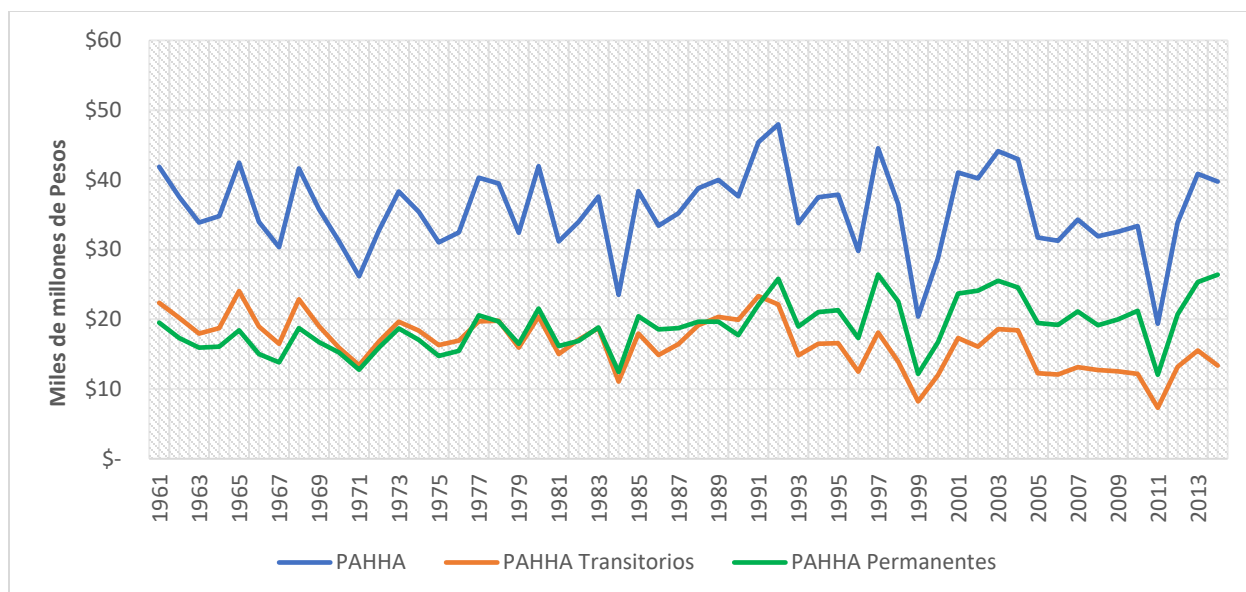
$$CR = CM_c * HHA$$

Cálculo del Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola

Para calcular el Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para riego medido a través de la HHA , se tomó el valor pagado por los agricultores por el uso del agua VP y el costo de recuperación de los caudales afectados negativamente por el uso del agua para riego agrícola CR . La diferencia entre el valor pagado por los agricultores (VP) y el costo de recuperación del caudal usado para el riego agrícola (CR), da cuenta del pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola.

$$PA_{HHA} = VP - CR$$

A partir de la Gráfica 9 se encuentra como para el periodo comprendido entre los años 1961 y 2014, existe un pasivo ambiental asociado al uso del agua para riego medido a través de la HHA , el cual a precios constantes del año 2014 alcanza la cifra de **COP \$1.923.184.715.752 (\$ 1,92 BILLONES)**. Además, se encuentra que dicho pasivo se halla tanto para los cultivos permanentes como para los transitorios y que partir de la década de los años 90, el pasivo ambiental, tal como se ha visto a lo largo de la investigación, se ve afectado por el fenómeno de apertura económica haciendo que este pasivo se encuentre en mayor proporción sobre los cultivos permanentes que sobre los transitorios.



Gráfica 9. Pasivos Ambientales Asociados al Uso del Agua para Riego Agrícola medidos a través de la HHA en precios constantes del 2014. Años 1961 – 2014

Ahora, de acuerdo con los datos de la HHA por cultivo estimados para el capítulo anterior, se encuentra que el Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para riego de los cultivos que se ha acumulado para el periodo de estudio se distribuye en más del 80% en las siguientes 10 plantaciones:

Tabla 9. Principales cultivos aportantes al Pasivo Ambiental asociado al uso del Agua para Riego en el periodo 1961 – 2014, % de la HHA Total y Pasivo Ambiental a precios constantes del año 2014.

Cultivo	% HHA Total	PA Acumulado en COP constantes del año 2014 de acuerdo con la HHA
Café verde	19%	361.241.560.338
Maíz	13%	249.738.105.846
Arroz	11%	205.210.504.118
Plátanos	10%	200.982.696.050
Caña de azúcar	9%	176.745.970.371
Algodón	7%	132.086.702.911
Caña panelera	6%	114.891.108.538
Yuca	3%	65.188.029.497
Papas	3%	53.136.744.639
Palma aceitera	2%	43.341.258.187

De acuerdo con la tabla 9, se evidencia que los cultivos que más aportan a la acumulación del Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para riego agrícola son aquellos que gozan de mayores áreas sembradas y mayor producción a partir de la apertura económica, de acuerdo con lo analizado en el capítulo 5, esto con excepción del algodón cuyo auge se dio en las décadas de los años 60 y 70, periodo en el que alcanzó más de 500 mil hectáreas sembradas y una producción cercana a las 700 mil toneladas, pasando a cifras poco significativas a partir de la década de los 80.

7.2. Pasivo Ambiental Generado por el Uso del Agua como Asimiladora de los Desechos

El Decreto 2811 de 1974, el cual dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente estableció el pago de tasas retributivas de servicios ambientales al uso de los recursos naturales para introducir o arrojar desechos o desperdicios resultado de actividades lucrativas. Dicha ley retributiva ha sufrido diferentes modificaciones hasta llegar al Decreto 2667 de 2012 que es el Decreto vigente en la actualidad colombiana para reglamentar el vertimiento puntual de sustancias de manera directa o indirecta en los cuerpos de agua.

A pesar del esfuerzo de la autoridad ambiental en la aplicación de estas tasas retributivas, y aun obteniendo resultados visibles en materia de disminución de vertimientos contaminantes sobre las fuentes hídricas, estos se concentran sobre todo en los sectores industriales de jurisdicción de las CAR (Ministerio del Medio Ambiente, 2002), además, algunos autores, resaltan que el mecanismo de tasas no es eficaz para todas las CAR, reduciéndose su eficiencia y aplicabilidad por problemas estructurales de las corporaciones y la administración de la tasa (Villegas, Castiblanco, Berrouet y Vidal, 2006).

Dado que, en el caso de la producción agrícola, la contaminación es difusa, el cálculo de tasas retributivas por los desechos que terminan en las fuentes hídricas no resulta una fuente confiable

de información ya que no existe la infraestructura necesaria que permita hacer un seguimiento preciso a cada una de las fuentes contaminantes, ni factores regionales ajustados al tipo de fuente que genera los vertimientos puntuales en el agua.

De acuerdo con lo anterior y teniendo en cuenta que las cuencas hidrográficas son las encargadas de recibir los desechos de la producción agrícola ya sea por infiltración hacia las aguas subterráneas o por escorrentía hacia los cursos de agua, principalmente pesticidas y/o nutrientes, donde los primeros de acuerdo a su nivel de toxicidad pueden resultar perjudiciales para los organismos que beben agua o viven en esta, y los segundos pueden provocar la eutrofización de los ecosistemas acuáticos, o lo que es, una sobrecarga de nutrientes que resulta en un crecimiento desmedido de algas que suprimen otras plantas y animales acuáticos, se calculó el pasivo ambiental asociado al uso del agua como fuente asimiladora de desechos.

Para calcular el pasivo ambiental asociado al uso del agua como fuente receptora de los desechos ocasionados por la actividad agrícola, se recurrió a la Huella Hídrica Gris (HHG), la cual se define como volumen de agua teórico necesario para lograr la dilución de un contaminante de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor (Arévalo, 2012). En este caso, el cálculo de la HHG se realizó a través del porcentaje de excedente de nitrógeno sobre los kilogramos de nitrógeno por metro cúbico aceptados.

$$HHG [Hm^3] = \frac{\frac{Excedente\ de\ N\ [KG]}{Kg/m^3\ de\ N\ Aceptados}}{1.000.000}$$

Método de Gastos Defensivos

Como se mencionó en el tercer capítulo, entre los métodos de valoración económica del medio ambiente establecidos por la Economía Ambiental encontramos aquel denominado como “Gastos

Defensivos” a través del cual se estiman los cambios en el bienestar de los individuos como consecuencia de modificaciones en variables ambientales (Sotelsek, 1998), de donde el valor del cambio en el medio ambiente está dado por el gasto realizado para revertir el daño o mitigar sus efectos negativos.

A través del método de gastos defensivos se busca maximizar la utilidad de los individuos afectados por la contaminación de las fuentes hídricas producto de la actividad agrícola, para esto dado que se cuenta con la HHG y suponiendo que para la superficie cultivada en el territorio colombiano no se lleva a cabo ningún tipo de tratamiento, se estimó el valor de construcción de franjas de protección o “Buffer Strips” que mitiguen la carga contaminante que llegan a las fuentes hídricas a través de la escorrentía.

Los Buffer Strips (BS) consisten en un área de cubierta vegetal que puede estar compuesta de hierba, arbustos y/o árboles, la cual se ubica en el margen de las tierras cultivables permitiendo una efectiva infiltración del agua y ralentización del flujo superficial, provocando la retención de agua y reduciendo la cantidad de sólidos suspendidos, nitratos y fosfatos procedentes de la escorrentía de la actividad agrícola. (NWRM Project, 2015)

De acuerdo con Borin et al (2009), BS de 6 m de longitud construidos en Padova – Italia, lograron reducir aproximadamente el 94% de los sólidos suspendidos totales – SST, reduciendo la posibilidad de erosión y generación de sedimentos, además la escorrentía disminuyó en 78% en comparación a la situación sin Buffer. JRC (2013) manifiesta reducciones de 42-96% en fosfatos, 27-81% en nitratos y 83-90% en materia orgánica con el uso de esta técnica. por tanto, a través de este método se logra mitigar la carga contaminante que termina en las cuencas hidrográficas.

De acuerdo con los objetivos planteados en la presente investigación, a través del costo de construir Buffer Strips se estimó el pasivo ambiental agrícola asociado al uso del agua como asimiladora de sustancias contaminantes, este está dado por el valor de reducir el nivel de pesticidas y nutrientes arrojados a las fuentes hídricas por la producción agrícola, restaurando la vegetación de orilla, la cual cumple con la función de regulación del medio ambiente.

Costo de Construcción de Buffer Strips

Para calcular el valor monetario del Buffer Strip, se estimó el costo de construcción de este para una hectárea de cultivo, tomando en cuenta que es a través de la escorrentía generada por las precipitaciones que la contaminación difusa generada llega a las fuentes hídricas, de acuerdo con el clima bimodal en el territorio colombiano en el que regularmente se presentan dos temporadas de lluvia de tres meses cada una.

De acuerdo con la HHG, para el año 2014, el nivel de agua necesaria para asimilar la contaminación generada en la producción agrícola fue del orden de los 6.464 Hm^3 , los cuales se han dividido por el área cultivada en el mismo año con el fin de obtener la HHG en metros cúbicos por Hectárea, de donde se tiene el siguiente resultado:

$$HHG_{Ha (2014)} = \frac{HHG_{2014}}{Area Sembrada_{2014}} = \frac{6464 \text{ Hm}^3}{4435447 \text{ Ha}} * 1000000 = 1477.33 \text{ m}^3/\text{Ha}$$

Ahora, el volumen de agua en metros cúbicos por hectárea calculados para la HHG por un año deberá pasar por dos periodos distintos de acuerdo con el clima bimodal colombiano, por lo cual el BS debe tratar la mitad de agua en cada periodo, de aquí que el volumen de agua que pase por el BS en cada periodo sea:

$$HHG_t = 728.67 \text{ m}^3 / Ha.$$

La profundidad del BS normalmente oscila entre 0.9 y 1.0 metro, para el caso de la presente investigación, dado que se trabaja en condiciones ideales se supone una profundidad (h) de 1.0 metro, de aquí que el área superficial (A_s) del BS por cada hectárea de cultivo esté dado por:

$$A_s = \frac{HHG_t}{h} = \frac{728.67 \text{ m}^3}{1.0 \text{ m}} = 728.67 \text{ m}^2$$

Tomando en cuenta que una hectárea es un área de 100 por 100 metros, el ancho (b) del BS se calculó como:

$$b = \frac{A_s}{a} = \frac{728.67 \text{ m}^2}{100 \text{ m}} = 7.29 \text{ m}$$

De acuerdo con lo anterior se tiene que las dimensiones del BS construido para una hectárea de cultivo son las siguientes:

Tabla 10. Dimensiones de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo.

Largo (a)	100 m
Ancho (b)	7.29 m
Profundidad (h)	1.00 m

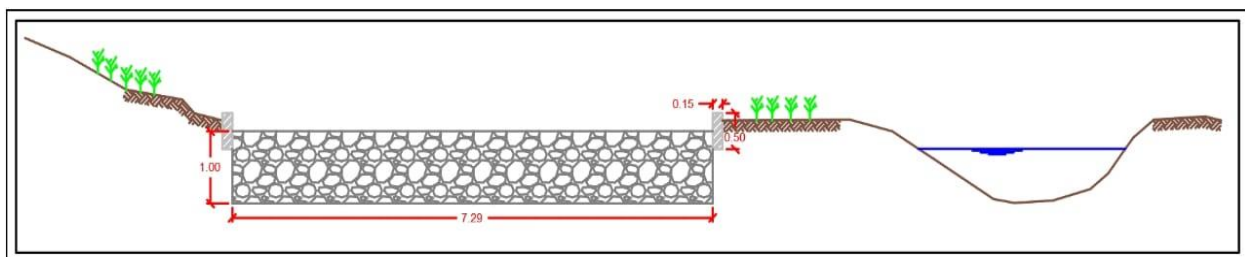


Figura 5. Sección Transversal de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo.

Para calcular el valor monetario de la construcción del BS se tuvo en cuenta un terreno en condiciones ideales, por lo cual el costo calculado es el valor mínimo que podría darse, desglosado

de la siguiente manera con respecto a las medidas encontradas para una hectárea de cultivo de acuerdo con la HHG:

Tabla 11. Costo de Construcción de un Buffer Strip para una hectárea de cultivo. Valores tomados de la información de proveedores de una empresa dedicada al diseño de soluciones para el tratamiento de aguas, con excepción de las plántulas cuyos costos fueron tomados de diferentes viveros.

Ítem	Descripción	Cantidad	Precio Unitario (2019)	Costo Total (COP - 2019)
Excavación	Excavación a máquina en seco en material común hasta 3.0 m de profundidad	728.67 m ³	7.706	5.615.131
Disposición de material sobrante	Retiro de material de excavación con cargue en volqueta a máquina en banco de 10 a 20 km. incluye disposición en botadero oficial (decreto 0291 de 2005).	728.67 m ³	29.285	21.339.101
Impermeabilizante	Suministro e instalación de geomembrana 2100	1174.16 m ²	5.200	6.105.632
Medio Filtrante	Suministro y colocación de triturado o grava de río, para filtros. compactado con equipo vibrocompactador (incluye acarreo)	641.52 m ³	69.553	44.619.641
Concreto para evitar erosión	suministro y colocación de concreto de 3.000 psi impermeabilizado y premezclado (incluye formaleta, curado con antisol)	16.13 m ³	447.582	7.219.498
Plántulas para restauración vegetación de orilla	Guadua (5 por m ²)	50 plántulas	1.500	75.000
	Heliconia (5 por m ²)	50 plántulas	800	40.000
	Papiro (5 por m ²)	50 plántulas	9.000	450.000
Mano de Obra	Costo por el trabajo realizado	N/A	30% del total	25.639.201
TOTAL				\$ 111.103.203

Dado que el valor calculado está dado para una hectárea de cultivo, para estimar el costo que minimice la afectación ocasionada sobre los individuos por la disposición de desechos de la producción agricultura en las fuentes hídricas, se multiplicó este valor por el total de hectáreas sembradas obteniendo que para 4.435.447 hectáreas sembradas en el año 2014, el costo de aplicar el tratamiento de Buffer Strips es del orden de COP \$ 4.927.923.608.964.810, que a precios constantes del año 2014 equivalen a **COP \$ 3.907.301.392.270.520 (\$ 3.907 BILLONES)**, siendo este el valor del daño ambiental estimado de acuerdo al gasto efectivo que deben realizar los

agentes para prevenir dicho impacto sobre el medio ambiente de acuerdo con el método de Gastos Defensivos.

Dada la HHG calculada por cultivo en el capítulo 6, se puede desagregar el Pasivo Ambiental asociado al uso del agua como fuente asimiladora de los desechos de la agricultura, encontrando que el cultivo que más impacto genera sobre la función asimiladora del medio ambiente en lo que al recurso hídrico se refiere es el café, cultivo insignia de la agricultura colombiana, este aporta más de 1.045 billones de pesos al pasivo ambiental generado por el vertimiento de contaminantes al agua de acuerdo con lo esbozado en la tabla 12.

Tabla 12. Principales cultivos aportantes al Pasivo Ambiental asociado al uso del Agua como asimiladora de desechos para el año 2014, % de la HHG Total y Pasivo Ambiental a precios constantes del año 2014.

Cultivo	% HHG Total	PA Acumulado en COP constantes del año 2014 de acuerdo con la HHG
Café verde	26,75%	1.045.359.073.802.110
Plátanos	13,44%	525.138.662.710.855
Maíz	7,41%	289.497.860.798.099
Arroz	6,76%	264.038.126.951.646
Caña de azúcar	6,55%	255.900.506.874.368
Palma aceitera	6,09%	237.786.805.520.502
Granos de cacao	5,39%	210.600.506.701.176
Caña panelera	3,55%	138.729.021.161.590
Yuca	3,40%	132.730.441.296.088
Banano	2,48%	97.053.673.824.916

Así mismo, a pesar de que el área sembrada con arroz y maíz es mayor a la sembrada con plátano, es a este último cultivo al que corresponde el segundo lugar en generación de la HHG. De nuevo se evidencia que son los principales cultivos en términos de área sembrada y producción aquellos que generan un mayor impacto sobre las funciones ambientales.

7.3. Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua en la Actividad Agrícola

El Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua en la Actividad Agrícola se calculó de acuerdo con la cantidad de agua extraída para el riego de los cultivos desde la siembra hasta la cosecha a través de la HHA, y a través del volumen de agua que debería asimilar el excedente de nutrientes producto del uso de fertilizantes en los cultivos, esto a partir de la HHG.

Con respecto a la HHV, definida como la cantidad de agua precipitada que no llega a las fuentes de agua superficial ni a las fuentes subterráneas, sino que se almacena en el suelo o permanece temporalmente en este o sobre la vegetación, no se tomó en cuenta ya que al ser la lluvia un bien público puro, que no genera exclusión ni rivalidad sobre esta, no permite que se genere un costo a los encargados de la actividad agrícola sobre su uso.

El pasivo ambiental (PA) asociado al uso del agua se calcula como la suma entre el pasivo estimado para el uso del agua tomada de las cuencas hidrográficas para el riego agrícola y el pasivo estimado por el uso del agua como fuente receptora de los desechos de la actividad agrícola. El pasivo ambiental total en pesos colombianos se muestra en la tabla 13 a precios constantes del año 2014, que de acuerdo con lo presentado a través de esta investigación en su mayoría está conformado por el impacto sobre el recurso hídrico ligado principalmente a los cultivos de café, plátano, maíz, arroz, caña de azúcar y palma aceitera.

Tabla 13. Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua. Cifras en COP \$ y en dólares de acuerdo con la TRM del 31/12/2019 según cifras del Banco de la República

PA Asociado a la HHA	PA Asociado a la HHG	Pasivo Ambiental Total (Billones de Pesos)	Pasivo Ambiental (Millones de dólares, TRM 31/12/2014)
\$1.923.184.715.752	\$3.907.301.392.270.520	\$3.909	USD \$ 1.633.976

De acuerdo con lo anterior, en términos relativos se observa como el Pasivo Ambiental asociado al uso del agua para la agricultura colombiana a precios constantes del año 2014 corresponde a 16 veces el valor de la deuda externa colombiana que para finales del mismo año sumaba US\$ 101.231 millones de acuerdo con las cifras presentadas por el Banco de la República y publicadas por el diario El Espectador (2015).

Lo anterior da evidencia de discrepancias de carácter económico, político y social, dado que:

1. En el precio de la producción agrícola no se está tomando en cuenta el costo derivado de la degradación ambiental, lo cual no permite que exista la disponibilidad de recursos necesaria para mitigar el daño ambiental generado, y que crece conforme aumenta la frontera agrícola nacional.
2. Se hace evidente una retribución hacia la sociedad por parte de los agentes encargados de la producción agrícola, esta debe provenir de la implementación de políticas ecológicas que se pueden relacionar con el ajuste de las Tasas por Uso del Agua y cobros por la contaminación difusa resultante de la producción agrícola. Lo anterior permitirá producción más consciente con el uso de los recursos disminuyendo el daño biofísico causado, además que permitirá a la autoridad ambiental contar con recursos para la implementación de mejoras que permitan la restauración de los recursos.
3. El Pasivo Ambiental que se encontró debería establecerse como una forma de reconocimiento de una deuda ecológica entre los encargados de la producción agrícola y el medio ambiente, por tanto, al reconocer dicha deuda deberían emprenderse acciones políticas que permitan la no acumulación de esta, yendo en pro del medio ambiente y de las finanzas del país, tomando en cuenta que, una parte importante de la producción se

dirige hacia la exportación, por lo cual se deben evaluar los precios de exportación para tomar en cuenta la parte del pasivo ambiental que corresponde al resto del mundo.

4. De acuerdo con Guhl (2006), quien expone la necesidad de acercamiento a la sostenibilidad a través del establecimiento de principios y valores, normas y regulaciones que definan la relación sociedad – naturaleza a través de una dinámica adaptativa, se debe repensar el fenómeno de producción tomando en cuenta las necesidades del ser humano en relación con la naturaleza, es decir, producir para el sostenimiento de la vida y no para el sobreconsumo.

8. CONCLUSIONES

A continuación, se exponen las principales conclusiones alcanzadas a través de la investigación realizada sobre los temas correspondientes a: 1) Caracterización del Sector Agrícola, y 2) Valoración Económica del Pasivo Ambiental Agrícola Asociado al Uso del Agua. Sin embargo, se sugiere, debido a la extensión temática referida en esta investigación, ahondar en cada uno de los temas, logrando un análisis más detallado por cultivo, periodo y/o regiones de tal manera que se logre una mayor claridad sobre los asuntos aquí tratados y quizás en algún momento una mayor atención por parte de la sociedad y las instituciones que deben velar por la protección al medio ambiente.

8.1. Caracterización del Sector Agrícola

La agricultura colombiana se ha mantenido y acentuado a partir de los años 90, sobre la explotación de la tierra en la siembra de cultivos permanentes, de los cuales la gran mayoría corresponden a sembradíos de monocultivos tradicionales en la economía colombiana como el café, la caña de azúcar, banano, plátanos, palma aceitera, etc. que, por su modo de producción, en la mayoría de los casos son generadores de problemas ambientales y sociales, dejando vislumbrar la artificialización de la naturaleza provocada por la agricultura industrial.

La especialización productiva del sector agrícola en Colombia en términos de área sembrada y producción se sostiene sobre cultivos con bajos niveles de productividad, lo cual conlleva al uso de grandes superficies de sembradío con producciones más bajas pero que son requeridas en el resto del mundo y sobre todo en países de Norte América y Europa, países en los cuales, a través de la “revolución verde” se ha recurrido a regiones en desarrollo para resolver los problemas de

alimentación pero que a su vez, generan problemas en términos de equidad, de autosuficiencia agroalimentaria, de dependencia de otros sistemas y recursos, etc.

Es necesario un cambio en los métodos de producción agrícola, desindustrializando la producción y llegando a una Agricultura Ecológica que permita el uso de recursos locales y tecnologías agroecológicas que se adapten a las condiciones socioeconómicas y biofísicas del medio, con el fin de lograr una utilización óptima de los recursos naturales mientras se respeta el medio ambiente.

8.2. Valoración Económica del Pasivo Ambiental Agrícola Asociado al Uso del Agua

Existe un pasivo ambiental del orden de los COP \$3.909 Billones de pesos a precios constantes del año 2014, asociado al uso del agua en la agricultura colombiana, tanto para riego agrícola como para la dilución del excedente de fertilizantes que llegan a las aguas por infiltración hacia las aguas subterráneas, o por escorrentía hacia los cursos de agua. De este pasivo la mayor proporción corresponde al costo no pagado por el uso del agua usada para asimilar los excedentes de nutrientes y pesticidas producto del proceso.

La regulación sobre el uso de la tierra para la actividad agrícola se ha enfocado más en la generación de dividendos que en la conservación de esta, siendo un claro ejemplo de dicha situación el cambio en la producción agrícola a partir de la apertura económica, en donde el uso de la tierra se orientó hacia el monocultivo, sin pensar en la problemática ambiental y social asociada a estos, que entre otros factores, conllevan a la ampliación de la frontera agrícola y a una mayor demanda del recurso hídrico.

A partir del año 1990 el uso del agua para la producción de cultivos permanentes aumenta en promedio 23% con respecto al promedio de los años comprendidos entre 1961 y 1989, situación contraria al uso del agua en cultivos transitorios, donde el uso del agua para este tipo de cultivos

en el periodo 1990 – 2014 es menor que en los años anteriores, debido a la especialización productiva agrícola en la cosecha de cultivos permanentes de acuerdo con las “ventajas comparativas” asociadas a la agricultura colombiana a raíz de la apertura económica.

Se hacen necesarias campañas de sensibilización sobre el uso de fertilizantes químicos y orgánicos para no producir excedentes de nutrientes que terminen en los cuerpos de agua causando eutrofización de las aguas. En el presente trabajo para la estimación del pasivo ambiental asociado al uso del agua como asimiladora de los desechos de la agricultura, solamente se tomó en cuenta el excedente de nitrógeno que llega a las aguas, sería importante una investigación más detallada sobre el costo ambiental asociado a la función receptora del agua del total de desechos ocasionados por fertilizantes y pesticidas.

Se requieren instituciones, y en lo que se refiere a este trabajo, Corporaciones Ambientales provistas de recurso humano calificado, de recursos científicos y tecnológicos y con la autonomía e independencia política suficiente para liderar el camino hacia la sostenibilidad fuerte y al uso consciente de los recursos naturales.

9. BIBLIOGRAFÍA

AFP (2015) “*Deuda externa de Colombia subió a US\$ 101.231 millones al cierre de 2014*” El Espectador. URL: <https://www.elespectador.com/noticias/economia/deuda-externa-de-colombia-subio-us-101231-millones-al-c-articulo-551882>

ARÉVALO, D. (2012) “*Una Mirada a la agricultura de Colombia desde su huella hídrica*” WWF – Reporte Colombia 2012.

AZQUETA, D. (1994) “*Valoración económica de la calidad ambiental*”. McGraw-Hill Interamericana – España.

BANCO MUNDIAL. *World Data Bank: World Development Indicators*. URL: <http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=world-development-indicators>

CASTRO, A.J., GARCÍA-LLORENTE, M., MARTÍN-LÓPEZ, B., PALOMO, I. INIESTA-ARANDÍA, I. (2013). “*Multidimensional approaches in ecosystem services assessment*”. En *Earth Observation of Ecosystem Services*. pp. 441–468. CRC Press.

CHAPAGAIN, A., HOEKSTRA, A. (2004). “*Water Footprints of Nations*”. Volume 1: Main Report. Value of Water, Research Report Series No. 16, November. UNESCO – IHE.

CORREA, E. (2019). “*Modelo Analítico y Computacional del Valoración Plural de Pasivos Ambientales para la Justicia Ambiental*”. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales, Universidad del Valle.

DEPARTAMENTO ADMINISTRATIVO NACIONAL DE ESTADÍSTICA - DANE. (2015). *Censo Nacional Agropecuario: Décimo segunda entrega resultados 2014*. Cifras preliminares.

DIXON, J., PAGIOLA, S. (1998) *“Economic Analysis and Environmental Assessment”*. Environmental Economics and Indicators Unit, Environment Department. World Bank.

ESCOBAR, ARTURO. (2005). *"Una ecología de la diferencia: Igualdad y conflicto en un mundo glocalizado"*. En Más allá del Tercer Mundo. Globalización y diferencia. U. del Cauca, Colombia. pp.123-144

ESCOBAR, L., GOMEZ, A. (2008). *“El valor económico del agua para riego: un estudio de valoración contingente”* en Revista Ingeniería de recursos naturales y del ambiente. No. 6 pp. 16-32.

FEDEPALMA (2016). *“Sistema de Información Estadística del Sector Palmero”* URL: <http://sispaweb.fedepalma.org/sispaweb/default.aspx?Control=Pages/>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. *“Food and Agriculture Data”*. URL: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. (2002). Departamento Económico y Social. *“Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030”*. URL: <http://www.fao.org/docrep/004/y3557s/y3557s08.htm>

GUHL, E. (2006). *“Reflexiones sobre la sostenibilidad”* Sin publicar. URL: <https://medioambienteycultura.files.wordpress.com/2014/08/reflexiones-sostenibilidad-guhl-11.pdf>

HOEKSTRA, A., CHAPAGAIN, A., ALDAYA, M., MEKONNEN, M., (2011). *“The Water Footprint Assessment Manual - Setting the Global Standard”*. Earthscan - Water Foot Print Network.

JARAMILLO, CARLOS FELIPE. (1994), “*Apertura, Crisis y Recuperación: La Agricultura Colombiana entre 1990 y 1994*”, Santafé de Bogotá, Fonade y Tercer Mundo Editores, Primera Edición, octubre.

KALMANOVITZ, S., LÓPEZ, E. (2005). “*Aspectos de la agricultura colombiana en el siglo XX*”. URL:

https://www.researchgate.net/publication/265199934_Aspectos_de_la_agricultura_colombiana_en_el_siglo_XX_1

LEAL, J. (2010), “*Valorización Económica del Medio Ambiente y los Impactos Ambientales*”. En Curso Internacional “Planificación y gestión sostenible de los recursos ambientales y naturales” - CEPAL Cartagena de Indias – Colombia. URL:

https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/40547/LEALJUEVES19_1_VALORIZACION_ECONOMICA.pdf

LONDOÑO, C. (1998), “*La Apertura Económica en Colombia*”. Revista Pensamiento Humanista. Núm. 4. Medellín – Colombia. URL:

<https://revistas.upb.edu.co/index.php/PensamientoHumanista/article/view/336/295>

MEKONNEN, M., HOEKSTRA, A. (2011). “*The Water Footprint Assessment Manual National water footprint accounts: The green, blue and grey water footprint of production and consumption*”. Value of water research report, series No. 50. UNESCO – IHE.

MINAGRICULTURA, 2015. “Censo Nacional Agropecuario – 2014, Inventario agropecuario en las unidades de producción agropecuaria (UPA)” URL:

https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/avanceCNA/PPT_9.pdf

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2018). “*Corporaciones Autónomas Regionales*” URL: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias/2067>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE. “*DECRETO 155 DE 2004, por el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones*” URL: <http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/ba-Dec%20155%20de%202004.pdf>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2008). “*Definición de herramientas de gestión de pasivos ambientales*” URL: https://www.minambiente.gov.co/images/AsuntosambientalesySectorialyUrbana/pdf/Pasivos_Ambientales/herramientas_pasivos_ambientales.pdf

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE (2014). “*Tasas por Uso del Agua*” en Negocios Verdes y Sostenibles URL: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/negocios-verdes-y-sostenibles/instrumentos-economicos/tasa-por-utilizacion-de-agua>

MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL (2002). “*Evaluación nacional al programa de tasas retributivas por vertimientos puntuales: resumen ejecutivo*” Ministerio del Medio Ambiente, 2002.

MOVIMIENTO MUNDIAL POR LOS BOSQUES TROPICALES – WRM. (2004). “*Plantaciones bananeras en América Latina*” Boletín 85. URL: <https://wrm.org.uy/es/articulos-del-boletin-wrm/seccion2/plantaciones-bananeras-en-america-latina/>

NAREDO, J. (1987). “*La economía en evolución: historia y perspectivas de las categorías básicas del pensamiento económico*”. Siglo XXI editores. España.

OCAMPO, J., PERRY, S. (1995). *“El giro de la política agropecuaria”*. Santa Fe de Bogotá: Fonade, DNP, TM Editores

ORTÍZ, A. (2007) *“Deuda ecológica asociada a las exportaciones de la cadena del cuero colombiano: Análisis para el eslabón de las curtiembres”*. Tesis de grado para optar por el título de economista, Universidad del Valle.

PÉREZ, M. (2007). *“Comercio Internacional y Medio Ambiente en Colombia – Mirada desde la Economía ecológica”* Programa Editorial Universidad del Valle.

PEREZ, M., ROA, P. (2009) *“Deuda social y ambiental del negocio de la caña de azúcar en Colombia. Responsabilidad social empresarial y subsidios implícitos en la industria cañera. Análisis en el contexto del conflicto corteros – empresarios”* ARFO Editores e Impresores Ltda.

PÉREZ, M., ROJAS, J. (2010), *“Marco Conceptual del Desarrollo Sostenible”* en Desarrollo Sostenible, principios, aplicaciones y lineamientos de política para Colombia. Programa Editorial Universidad del Valle.

PEREZ, M., MALHEIROS, T. (2013). *“Pasivos ambientales en la agroindustria de la caña de azúcar y el etanol en Colombia”*. Revista Brasileira de Ciencias Ambientais. No. 29.

PÉREZ, M. (2006). *“Comercio exterior y flujos hídricos en la agricultura colombiana: análisis para el periodo 1961 – 2004”* Revista iberoamericana de economía ecológica, Vol. 4.

PRADA, S. (1999). *“Política macroeconómica y crisis agropecuaria 1990-1993”*. Revista Coyuntura Económica. Vol. XXIX, No. 1, marzo de 1999, pp. 107-130. Fedesarrollo, Bogotá – Colombia. URL: <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/2126>

- SALA I MARTÍN, X. (2013). *“Impuestos Pigouvianos y congestión en la autopista”*. URL: <http://salaimartin.com/randomthoughts/item/519-impuestos-pigouvianos-y-congesti%C3%B3n-en-la-autopista.html>
- SOTELSEK, D. (1998). *“Los gastos defensivos en medio ambiente: un método dual de valoración”*. RAE: Revista Asturiana de Economía, ISSN 1134-8291, N° 13, 1998, pp. 91-112.
- SUESCÚN, C. (2015). *“Dinámica de la especialización productiva del sector agrícola colombiano”* en Revista Semillas. URL: <http://www.semillas.org.co/es/din>
- VIDAL, C. (2008). *“El Monocultivo y sus Consecuencias”* URL: <http://www.ecoclimatico.com/archives/el-monocultivo-y-sus-consecuencias-822>
- UNIDAD DEL PLANIFICACIÓN RURAL AGROPECUARIA – UPRA (2016). *“Evaluación de tierras: zonificación”* URL: <https://upra.gov.co/uso-y-adequacion-de-tierras/evaluacion-de-tierras/zonificacion>
- VILLEGAS P., C., CASTIBLANCO R., C., BERROUET C., L., VIDAL G., L. (2006). *“El programa de tasas retributivas en Colombia y el fortalecimiento institucional de las Corporaciones Autónomas Regionales”* en Gestión y Ambiente, 9 pp. 7-24.
- WRM - MOVIMIENTO MUNDIAL POR LOS BOSQUES TROPICALES (2008). *“Los monocultivos de árboles no son bosques”* URL: <https://wrm.org.uy/es/acciones-y-campanas/declaracion-de-profesionales-y-estudiantes-forestales-los-monocultivos-de-arboles-no-son-bosques/>
- ZOGRAFOS, C. RODRIGUEZ, B. (2014). *“Economic tools for evaluating liabilities in environmental justice struggles. The EJOLT experience”*. Ejolt: ejolt report No. 1

10. ANEXOS

Anexo 1. Cálculos del Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua para Riego Agrícola a través de la HHA.

Años 1961 - 2014

Año	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
HH Azul (ER 65%) (m³)	23.930	21.454	19.368	19.891	24.264	19.419	17.328	23.785	20.432	17.842
HH Azul (ER 65%) Transitorios	12.776	11.555	10.764	10.711	13.742	10.835	9.431	13.074	10.874	9.120
HH Azul (ER 65%) Permanentes	11.154	9.899	9.103	9.180	10.522	8.585	7.897	10.712	9.558	8.722
TUAc (\$/m³)	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
Cte (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	78.252.143.676	70.153.106.186	63.332.999.077	65.043.440.067	79.341.960.726	63.501.641.635	56.662.640.390	77.778.178.111	66.812.644.895	58.343.741.912
VP Transitorios (COP \$)	41.778.810.945	37.783.903.563	33.564.623.659	35.024.234.609	44.935.177.862	35.429.224.671	30.838.063.048	42.751.257.815	35.559.147.343	29.822.182.277
VP Permanentes (COP \$)	36.473.333.730	32.369.202.623	29.768.315.418	30.019.205.458	34.406.782.864	28.072.416.963	25.824.577.342	35.026.920.296	31.253.497.552	28.521.559.685
CR (COP \$)	120.130.202.218	107.696.817.448	97.226.713.812	99.852.620.531	121.803.254.692	97.485.700.613	86.986.683.411	119.402.585.358	102.568.647.515	89.567.457.003
CR Transitorios (COP \$)	64.137.501.818	58.004.647.061	51.527.342.742	53.768.091.051	68.983.055.922	54.389.818.914	47.341.613.608	65.630.371.325	54.589.272.068	45.782.065.682
CR Permanentes (COP \$)	55.992.700.399	49.692.170.387	45.699.371.070	46.084.529.480	52.820.198.770	43.095.881.699	39.645.069.803	53.772.214.033	47.979.375.447	43.785.391.321
PA Agua para Riego (COP \$)	41.878.056.542	37.543.711.262	33.893.719.083	34.809.180.464	42.461.293.966	33.984.058.979	30.324.043.022	41.624.407.246	35.756.002.620	31.223.715.091
PA Riego Transitorios (COP \$)	22.358.690.873	20.220.743.497	17.962.719.083	18.743.856.442	24.047.878.061	18.960.594.243	16.503.550.561	22.879.113.510	19.030.124.725	15.959.883.455
PA Riego Permanentes (COP \$)	19.519.367.669	17.322.967.764	15.931.055.652	16.065.324.022	18.413.415.906	15.023.464.736	13.820.492.461	18.745.293.737	16.725.877.895	15.263.831.636

Año	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
HH Azul (ER 65%) (m³)	14.954	18.703	21.912	20.231	17.730	18.536	23.031	22.549	18.522	23.968
HH Azul (ER 65%) Transitorios	7.669	9.595	11.220	10.506	9.309	9.691	11.267	11.288	9.095	11.657
HH Azul (ER 65%) Permanentes	7.285	9.108	10.692	9.725	8.421	8.845	11.764	11.251	9.427	12.311
TUAc (\$/m³)	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
Cte (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	48.900.905.605	61.158.747.143	71.653.136.594	66.155.171.668	57.975.957.901	60.612.440.604	75.310.677.758	73.734.767.478	60.567.211.377	78.376.508.966
VP Transitorios (COP \$)	25.078.228.377	31.375.614.215	36.689.901.370	34.554.392.119	30.438.726.329	31.688.595.439	36.843.904.248	36.943.784.530	29.740.433.568	38.118.501.525
VP Permanentes (COP \$)	23.822.677.229	29.783.132.928	34.963.235.224	31.800.779.548	27.536.231.571	28.923.845.165	38.466.773.509	36.790.982.948	30.826.777.809	40.258.007.471
CR (COP \$)	75.071.115.027	93.888.963.504	100.999.616.422	101.559.315.527	89.002.846.686	93.050.291.080	115.614.557.291	113.195.269.952	92.890.856.610	120.321.123.902
CR Transitorios (COP \$)	38.499.298.609	48.166.845.064	56.325.169.688	52.739.770.165	46.730.099.747	48.647.323.885	56.561.590.008	56.714.922.040	45.656.567.741	58.518.311.210
CR Permanentes (COP \$)	36.571.816.418	45.722.118.400	53.674.446.735	48.819.545.362	42.272.746.938	44.402.967.195	59.052.967.283	56.480.346.912	47.324.288.869	61.802.812.693
PA Agua para Riego (COP \$)	26.170.206.422	32.730.216.361	38.346.479.828	35.404.143.859	31.026.888.785	32.437.850.476	40.303.879.534	39.460.502.473	32.413.645.232	41.944.614.906
PA Riego Transitorios (COP \$)	13.421.070.232	16.791.230.849	19.635.268.317	18.985.378.046	16.290.373.418	16.958.728.446	19.717.685.760	19.771.138.510	15.916.134.173	20.399.809.685
PA Riego Permanentes (COP \$)	12.749.139.190	15.938.985.512	18.711.211.511	17.018.765.813	14.736.515.367	15.479.122.030	20.586.193.774	19.689.363.963	16.497.511.060	21.544.805.222

Año	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990
HH Azul (ER 65%) (m³)	17.814	19.407	21.472	13.443	21.937	19.104	20.108	22.175	22.853	21.515
HH Azul (ER 65%) Transitorios	8.570	9.759	10.702	6.318	10.258	8.494	9.391	10.943	11.626	11.382
HH Azul (ER 65%) Permanentes	9.244	9.647	10.770	7.125	11.679	10.610	10.717	11.232	11.227	10.133
TUAc (\$/m³)	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
Cte (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	58.251.043.143	63.459.309.722	70.213.833.648	43.958.606.324	71.733.822.883	62.468.770.878	65.751.631.884	72.512.415.635	74.729.574.168	70.353.267.357
VP Transitorios (COP \$)	28.022.654.822	31.912.307.888	34.997.032.141	20.660.674.669	33.542.978.232	27.776.700.605	30.707.092.339	35.783.729.888	38.016.512.618	37.218.273.488
VP Permanentes (COP \$)	30.228.386.321	31.547.002.094	35.216.801.507	23.297.951.655	38.190.844.651	34.693.070.273	35.044.539.545	36.728.685.747	36.713.061.550	33.134.994.110
CR (COP \$)	89.425.148.801	97.420.714.008	107.790.434.315	67.483.854.357	110.132.483.447	95.901.605.446	100.939.814.085	111.318.754.278	114.772.465.942	108.004.098.312
CR Transitorios (COP \$)	43.019.486.442	48.990.759.814	53.726.330.887	31.717.610.654	51.494.113.371	42.641.907.351	47.140.551.542	54.934.044.048	58.361.241.084	57.136.309.236
CR Permanentes (COP \$)	46.405.660.359	48.429.954.194	54.063.713.629	35.666.243.702	58.629.370.075	53.259.698.095	53.799.262.543	56.384.710.230	56.360.724.458	50.867.782.776
PA Agua para Riego (COP \$)	31.174.105.658	33.961.404.286	37.576.210.668	23.525.248.033	38.389.660.564	33.431.834.568	35.188.182.201	38.806.338.634	39.992.991.374	37.650.831.185
PA Riego Transitorios (COP \$)	14.996.833.620	17.078.452.126	18.729.298.546	11.056.955.985	17.951.135.139	14.665.206.746	16.433.459.203	19.150.314.160	20.345.228.454	19.918.036.088
PA Riego Permanentes (COP \$)	16.177.272.037	16.882.952.159	18.846.912.122	12.468.312.048	20.438.525.425	18.566.627.822	18.754.722.998	19.656.024.483	19.647.662.909	17.732.795.066

Cálculos del Pasivo Ambiental Asociado al Uso del Agua para Riego Agrícola a través de la HHA. Años
1961 – 2014 (Continuación)

Año	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
HH Azul (ER 65%) Transitorios	25.947	27.398	19.308	21.433	21.643	17.031	25.440	20.845	11.654	16.417
HH Azul (ER 65%) Permanentes	13.337	12.644	8.475	9.411	9.462	7.132	10.347	7.950	4.690	6.853
HH Azul (ER 65%) Permanentes	12.610	14.754	10.833	12.022	12.181	9.899	15.093	12.895	6.964	9.563
TUAC (\$/m³)	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27	3.27
CRC (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	84.848.074.639	89.591.936.055	63.136.790.861	70.085.913.446	70.771.378.392	55.692.373.800	83.189.566.073	68.163.459.890	38.108.332.524	53.682.005.713
VP Transitorios (COP \$)	43.612.080.056	41.344.874.897	27.713.664.627	30.773.783.841	30.940.001.649	23.321.073.117	33.835.632.912	25.996.843.876	15.334.966.948	22.409.382.545
VP Permanentes (COP \$)	41.235.994.583	48.247.061.158	35.423.126.234	39.312.128.604	39.831.376.742	32.371.300.683	49.353.933.161	42.166.616.013	22.773.365.576	31.272.623.168
CR (COP \$)	130.256.065.654	137.538.690.824	96.925.593.310	107.593.665.290	108.645.969.274	85.497.161.002	127.709.976.050	104.642.375.733	58.502.700.082	82.410.907.854
CR Transitorios (COP \$)	66.951.873.251	63.471.336.997	42.545.136.522	47.242.934.215	47.498.106.508	35.801.769.739	51.943.387.528	39.909.527.908	23.541.753.540	34.402.171.369
CR Permanentes (COP \$)	63.304.187.403	74.067.353.826	54.380.456.787	60.350.731.074	61.147.862.767	49.695.391.263	75.766.588.522	64.732.847.825	34.960.946.542	48.008.736.485
PA Agua para Riego (COP \$)	45.407.991.015	47.946.754.769	33.788.802.449	37.507.751.844	37.874.590.882	29.804.787.202	44.520.409.978	36.478.915.843	20.394.367.559	28.728.902.140
PA Riego Transitorios (COP \$)	23.339.798.195	22.126.462.101	14.831.471.895	16.469.150.374	16.558.104.858	12.480.696.622	18.107.754.616	13.912.684.032	8.206.786.593	11.992.788.824
PA Riego Permanentes (COP \$)	22.068.192.820	25.820.292.669	18.957.330.553	21.038.601.470	21.316.486.024	17.324.090.580	26.412.655.361	22.566.231.811	12.187.580.966	16.736.113.316

Año	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
HH Azul (ER 65%) Transitorios	23.444	22.974	25.198	24.867	18.182	17.854	19.656	18.331	18.931	18.648
HH Azul (ER 65%) Permanentes	9.906	9.195	10.620	10.652	7.018	6.902	7.543	7.326	7.309	6.797
HH Azul (ER 65%) Permanentes	13.538	13.779	14.578	14.215	11.164	10.953	12.114	11.006	11.622	11.850
TUAC (\$/m³)	3.27	3.27	3.27	3.29	3.27	3.27	3.28	3.28	3.30	3.23
CRC (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	76.661.683.618	75.124.883.406	82.398.393.639	81.861.595.735	59.532.971.634	58.361.446.152	64.381.048.392	60.123.909.494	62.494.948.304	60.291.566.910
VP Transitorios (COP \$)	32.392.110.839	30.067.975.217	34.271.250.364	35.065.176.753	22.978.831.763	22.559.857.797	24.704.937.825	24.027.336.982	24.127.762.425	21.955.261.220
VP Permanentes (COP \$)	44.269.572.779	45.056.908.188	47.671.143.276	46.796.418.982	36.554.139.872	35.801.588.354	39.676.110.567	36.096.572.512	38.567.185.879	38.276.305.690
CR (COP \$)	117.688.578.521	115.329.331.711	126.495.393.293	124.831.979.201	91.272.773.148	89.627.837.401	98.674.621.679	92.023.308.336	95.031.892.642	93.611.946.827
CR Transitorios (COP \$)	49.727.338.352	46.159.399.633	53.312.170.283	53.471.415.696	35.229.917.827	34.646.010.333	37.864.409.704	36.775.303.839	36.689.476.360	34.122.883.587
CR Permanentes (COP \$)	67.961.240.169	69.169.932.448	73.183.223.014	71.360.563.505	56.042.855.320	54.983.827.067	60.810.211.974	55.248.004.497	58.342.416.282	59.489.063.240
PA Agua para Riego (COP \$)	41.026.894.903	40.204.448.306	44.096.999.654	44.096.999.654	42.970.383.465	31.739.801.513	34.293.573.287	31.899.398.842	32.536.944.338	33.380.379.916
PA Riego Transitorios (COP \$)	17.335.227.513	16.091.424.046	18.584.919.919	18.406.238.943	12.251.086.064	12.086.152.536	13.159.471.879	12.747.966.857	12.561.713.996	12.167.622.366
PA Riego Permanentes (COP \$)	23.691.667.390	24.113.024.260	25.512.079.735	24.564.144.522	19.488.715.449	19.180.238.713	21.134.101.408	19.151.431.986	19.975.230.402	21.212.757.550

Año	2011	2012	2013	2014
HH Azul (ER 65%) Transitorios	10.991	19.359	23.082	23.121
HH Azul (ER 65%) Permanentes	4.151	7.526	8.762	7.773
HH Azul (ER 65%) Permanentes	6.841	11.833	14.320	15.348
TUAC (\$/m³)	3.26	3.27	3.25	3.30
CRC (\$/m³)	5.02	5.02	5.02	5.02
VP (COP \$)	35.813.528.807	63.286.387.356	75.016.763.432	76.298.306.862
VP Transitorios (COP \$)	13.524.422.754	24.604.323.733	28.477.975.732	25.649.255.348
VP Permanentes (COP \$)	22.289.106.052	38.682.063.624	46.538.787.700	50.649.050.514
CR (COP \$)	55.175.550.322	97.184.044.200	115.872.325.876	116.065.907.705
CR Transitorios (COP \$)	20.836.189.371	37.782.970.162	43.987.625.343	39.017.958.136
CR Permanentes (COP \$)	34.339.360.951	59.401.074.038	71.884.700.533	77.047.949.569
PA Agua para Riego (COP \$)	19.362.021.515	33.897.656.844	40.855.562.444	39.767.601.843
PA Riego Transitorios (COP \$)	7.311.766.616	13.178.646.429	15.509.649.611	13.368.702.788
PA Riego Permanentes (COP \$)	12.050.254.899	20.719.010.414	25.345.912.833	26.398.899.056