

**GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA  
DESDE LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL**

**MARÍA DEL PILAR CADENA ARDILA**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C  
2018**

**GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA  
DESDE LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL**

**MARIA DEL PILAR CADENA ARDILA**

**Monografía para optar por el título de Especialista en  
Gestión Ambiental**

**Orientador(a):  
DORA MARIA CANON RODRIGUEZ  
Ingeniera Química**

**FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE AMERICA  
FACULTAD DE EDUCACIÓN PERMANENTE Y AVANZADA  
ESPECIALIZACIÓN EN GESTION AMBIENTAL  
BOGOTÁ D.C  
2018**

## NOTA DE ACEPTACION

---

---

---

---

---

---

---

Firma del Director de la Especialización

---

Firma del Calificador

Bogotá D.C. octubre de 2018

## **DIRECTIVAS DE LA UNIVERSIDAD**

Presidente de la Universidad y Rector del Claustro

Dr. Jaime Posada Díaz

Vicerrector de Desarrollo y Recursos Humanos

Dr. Luis Jaime Posada García-Peña

Vicerrectora Académica y de Posgrados

Dra. Ana Josefa Herrera Vargas

Decano Facultad de Educación Permanente y Avanzada

Dr. Luis Fernando Romero Suarez

Director Especialización en Gestión Ambiental

Dra. Jenny Marelbi Alarcón Parra

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterios e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	12
OBJETIVOS	14
1. MARCO TEORICO	15
1.2 COMPLEJIDAD AMBIENTAL	16
1.2.1 Pensamiento sistémico	18
1.2.2 Teoría de sistemas	20
1.2.3 Sistema Socio-ecológico	23
1.2.4 Gestión del agua en la agricultura	25
1.2.5 Sistema de riego	28
1.2.6 Huella Hídrica	31
2. MARCO LEGAL	33
2.1 DECRETOS	33
2.2 LEYES	35
2.3 RESOLUCIONES	35
3. GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA	37
4. TEORÍA DE SISTEMAS Y LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL	46
5. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES DEL CICLO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA, DESDE LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL.	49
6. SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS PRESENTES EN LA GESTIÓN DEL AGUA Y LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA EN ÁREAS RURALES.	53
7. INTERACCIONES ENTRE LOS SISTEMAS SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES PRESENTES EN LA GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA.	57
8. CONCLUSIONES	60
9. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFIA	62

## LISTA DE GRÁFICOS

	pág.
Gráfico 1. Categorías y Subcategorías	15
Gráfico 2. Ciclo de un sistema complejo	18
Gráfico 3. Teoría de sistemas	21
Gráfico 4. Características de una teoría de sistemas	22
Gráfico 5. Ciclo del agua	24
Gráfico 6. Distribución sectorial de huella hídrica de la producción global.	38
Gráfico 7. Distribución porcentual de los componentes de la huella hídrica del sector agrícola de Colombia - 2008	39
Gráfico 8. Distribución porcentual de la huella hídrica verde del sector agrícola de Colombia por producto.	40
Gráfico 9. Distribución porcentual de la huella hídrica azul del sector agrícola de Colombia por producto.	41
Gráfico 10. Distribución porcentual de la huella hídrica gris del sector agrícola de Colombia por producto.	42
Gráfico 11. Distribución porcentual de la huella hídrica total del sector agrícola de Colombia por producto.	43
Gráfico 12. Mapa conceptual Agricultura vs problemáticas ambientales.	49
Gráfico 13. Problemáticas ambientales.	50
Gráfico 14. Problemáticas ambientales con respeto a la afectación al agua.	51
Gráfico 15. Enfoques de la FAO	54
Gráfico 16. Interacción sistema social, económico y ecológico en la agricultura.	57

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Factores asociados a las necesidades de riego de los cultivos	29
Tabla 2. Diferencias de métodos de riego.	30
Tabla 3. Eficiencias de los sistemas de riego	30
Tabla 4. Decretos Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	33
Tabla 5. Continuación tabla 1.	34
Tabla 6. Leyes Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	35
Tabla 7. Resoluciones Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.	35
Tabla 8. Riego y drenaje en la Agricultura según la FAO	59



## GLOSARIO

**AGRICULTURA:** es tratar, remover y transformar el suelo predeterminado para estas tareas realizadas por el hombre, luego de tener el suelo preparado, se empieza a cultivar ya sea verduras, hortalizas y/o cereales.

**COMPLEJIDAD AMBIENTAL:** es hablar de un todo que modifica a un todo en el medio ambiente, que el uso ineficiente del agua modifica tanto el suelo, el aire y ecosistemas como a los seres humanos socialmente y económicamente.

**GESTIÓN DEL AGUA:** la gestión integral del agua (GIRH) es un proceso que gestiona y desarrolla de manera coordinada el agua, la tierra y todos los recursos que rodean esta, optimizando así el bienestar de todos socialmente y económicamente, teniendo un equilibrio junto con el nivel de sostenibilidad de los ecosistemas, es decir que optimizar eficientemente el uso del agua para que toda la sociedad pueda acceder justamente a este recurso sin tener que dañar los ecosistemas para poder acceder a este recurso, según la Asociación Mundial del Agua.

**PENSAMIENTO SISTÉMICO:** es un pensamiento que tiene en cuenta un todo y sus partes, así mismo las interacciones y conexiones entre estas.

**RIEGO:** es la aportación del agua a cultivos es decir a la agricultura, esta aportación no se hace de manera continua, sino que se hace técnicamente y económicamente, hay que hacerlo periódicamente según la retención del agua del suelo donde se encuentre el cultivo.

**SISTEMA ECOLÓGICO:** son los seres vivos, su entorno y ambiente al momento de hacer interacciones unos con otros.

**SISTEMA SOCIAL:** el concepto de sistema social da por supuesto que todo grupo de personas acostumbra a vivir en común de una manera estructurada. Siempre existe un orden mínimo y en este sentido, los hombres actúan y se comportan siempre dentro del marco de un sistema social, que cada uno percibe con una claridad diferente.

## RESUMEN

La complejidad ambiental da a estudiar la riqueza de especies que se da en los diferentes sistemas ecológicos, acorde al impacto generado por la agricultura. La complejidad analiza todas las partes de un sistema, entrelazando cada patrón con el otro, en el sistema ambiental una misma actividad antrópica en dos ecosistemas similares pero en dos lugares geográficos diferentes puede causar un impacto diferente uno del otro, esto debido a las diferentes culturas de cada región. Es por esto que para lograr la gestión del recurso hídrico en la agroindustria es necesario comprender y analizar las redes del entorno. La complejidad ambiental da lugar a una visión del individuo como un subsistema y así mismo a un sistema ya que lo que un individuo afecta directa o indirectamente tanto a otro como a un ecosistema. No existe la linealidad en la teoría de sistemas, lo que lleva a analizar en la complejidad ambiental varias líneas, ordenes, desordenes, reversibilidad e irreversibilidad, predecible e impredecible, de la agricultura y su gestión del agua.

La gestión del agua en prácticas de riego, depende de la escogencia de los sistemas de riego, factor económico a la hora de implementar una correcta infraestructura, debido a que la Agricultura es la industria con mayor consumo de agua en el mundo. La importancia de este trabajo es lograr mediante la bibliografía una síntesis de la información recopilada, un aporte al agricultor de cómo entender las redes que conlleva su industria y que existe la interdependencia entre la complejidad ambiental con las problemáticas de la gestión del agua para riego en prácticas de la Agricultura.

**Palabras clave:** Agricultura, gestión del agua, complejidad ambiental, teoría de sistemas, sistema socio-ecológico y pensamiento sistémico.

## ABSTRACT

The environmental complexity gives to study the richness of species that occurs in different ecological systems, according to the impact generated by agriculture. Complexity analyzes all the parts of a system, interlacing each pattern with the other, in the environmental system the same anthropic activity in two similar ecosystems but in two different geographical places can cause a different impact from each other, this due to different cultures of each region. That is why to achieve the management of water resources in agro-industry it is necessary to understand and analyze the environmental networks. The environmental complexity gives rise to a vision of the individual as a subsystem and likewise to a system since what one individual directly or indirectly affects another as well as an ecosystem. There is no linearity in systems theory, which leads to analyze in environmental complexity several lines, orders, disorders, reversibility and irreversibility, predictable and unpredictable, agriculture and water management.

Water management in irrigation practices depends on the choice of irrigation systems, an economic factor when implementing a correct infrastructure, because Agriculture is the industry with the highest water consumption in the world. The importance of this work is to achieve through the bibliography a synthesis of the information collected, a contribution to the farmer of how to understand the networks involved in their industry and that there is an interdependence between environmental complexity and the problems of water management for irrigation in Agriculture practices

**Keywords:** Farming, water management, environmental complexity, systems theory, socio-ecological system and systemic thinking.

## INTRODUCCIÓN

En este trabajo se espera cambiar la perspectiva del lector de un pensamiento normal a un pensamiento sistémico, al leer datos donde muestran que la huella hídrica dejada por procesos de la Agricultura, se diferencia la cantidad de agua necesaria y contaminada en esta actividad antrópica, es por esto que al cambiar los conocimientos de los agricultores se puede lograr hacer una buena gestión del recurso hídrico beneficiando así las comunidades aledañas tanto económicamente como socialmente y sin agotar ni malgastar las fuentes hídricas cercanas.

En toda actividad realizada por el humano se utiliza el agua y en muchas de estas se desperdicia este recurso, más aun en malas prácticas que se realizan en los procesos productivos desarrollados en el municipio de Guasca que traen consigo una baja rentabilidad y competitividad. Aunque la escasez de este recurso esté ligado a la parte socio-ecológica del hombre, tecnología, política, social y económico de la sociedad.

“Además de los efectos adversos en el medio ambiente por el uso inadecuado y exagerado de agroquímicos, la ampliación de la frontera agropecuaria cambiando la vocación del suelo y generando conflictos de uso de este recurso, la reducción en la fijación de carbono e incremento en las emisiones de GEI, además de los conflictos fauna-hombre por la competencia por los recursos”<sup>1</sup>.

Al investigar y analizar el papel tan importante que cumple hacer una buena gestión del agua en la agricultura sostenible, se pueden lograr mejores resultados en este campo, como aumentar la productividad y competitividad, todo esto haciendo una perspectiva de la complejidad ambiental que permite entender las interacciones que están alrededor del uso del recurso hídrico incluyendo principalmente las acciones antrópicas sobre los diferentes recursos naturales no solo el agua (las interacciones presentes entre los diferentes actores involucrados en la gestión del agua como autoridades ambientales, instituciones, comunidades, ONG, etc).

La Gobernación de Cundinamarca, los agricultores, las autoridades ambientales e institucionales, ECAS (Escuelas Campesinas Ambientales) de igual forma la Universidad de América pueden hacer uso de este trabajo desde el concepto de complejidad ambiental para lograr una buena gestión del agua, ya sea en sus instalaciones o en la agricultura para pasar de agricultura convencional a agricultura sostenible.

---

<sup>1</sup> CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAUVIO CORPOGUAUVIO. Plan de acción institucional 2016 – 2019, [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. PAC 2016 – 2019. 2016. P 116. [Consultado 10, Marzo 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.corpoguavio.gov.co/Portals/0/images/portal/2016/Plan%20de%20Accion%202016-2019/PA%202016-2019%20Corpoguavio%20Vive%20su%20Naturaleza.pdf?ver=2016-07-14-112054-077>

Este trabajo tiene como fin poder desarrollar un pensamiento sistémico en las personas interesadas en leer este proyecto y analizar las teorías de sistemas en la gestión ambiental que se estudien en la agricultura sostenible para así poder entender las dinámicas que se dan alrededor de las diferentes problemáticas ambientales por el uso inadecuado del recurso agua

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar la problemática de la gestión del agua para riego en prácticas de agricultura en Colombia a partir de la complejidad ambiental.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Describir la gestión del agua para riego en prácticas de agricultura.
2. Describir la teoría de sistemas y la complejidad ambiental.
3. Analizar las problemáticas ambientales del ciclo del agua en la agricultura, desde la complejidad ambiental.
4. Describir los sistemas socio-ecológicos presentes en la gestión del agua y las prácticas de agricultura en áreas rurales.
5. Plantear las interacciones entre los sistemas sociales, económicos y ambientales presentes en la gestión del agua para riego en prácticas de agricultura.

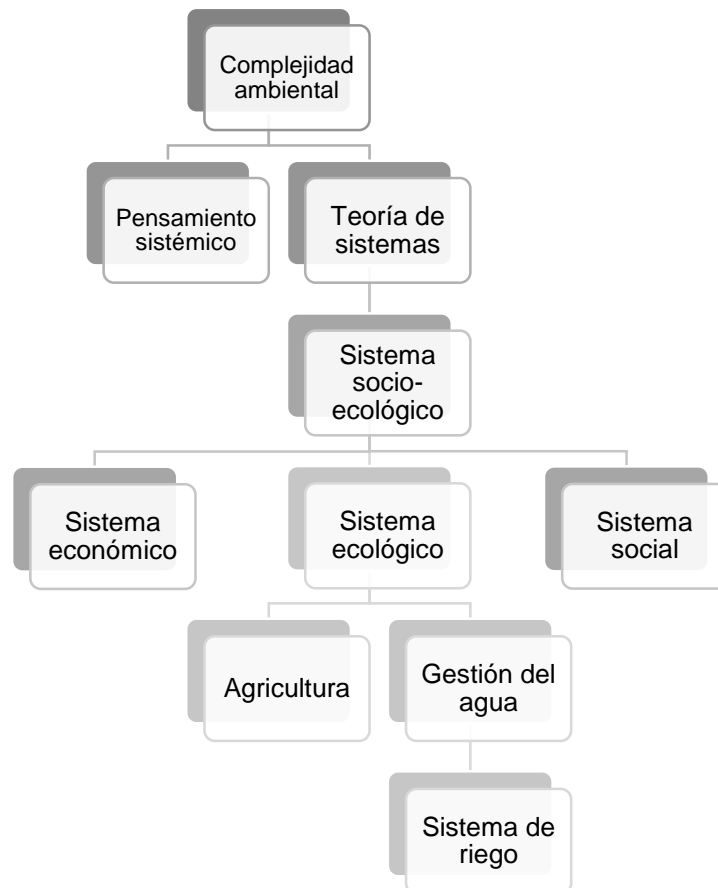
## 1. MARCO TEORICO

Esta monografía se establece como constructivista, con un enfoque mixto es decir cualitativo y cuantitativo y el tipo de investigación será solamente de tipo descriptivo.

En el siguiente mapa mental que se realizó se encontraran las categorías y niveles para realizar la investigación teniendo claro que la categoría uno o la categoría principal es Complejidad ambiental, siguiendo este patrón se dirige la investigación hacia un pensamiento sistémico en la teoría de sistemas. A partir de la teoría de sistemas se puede hablar del sistema socio-ecológico donde el sistema económico, ecológico y social son los que marcan la pauta en la gestión del agua en prácticas de riego de la agricultura.

A partir del siguiente mapa mental se guiará la investigación del marco teórico y gracias a esto se establecieron los objetivos según las categorías o niveles del mapa.

Gráfico 1. Categorías y Subcategorías



Fuente: Autoría propia

## 1.2 COMPLEJIDAD AMBIENTAL

Es necesario revisar buena parte de la bibliografía para dar con una buena comprensión del significado de la complejidad ambiental, así que se parte de varios autores representativos y se hace una revisión del estudio realizado a varias fuentes de los conceptos de complejidad ambiental para ayuda a una mejor comprensión y descripción del tema.

La complejidad ambiental se concibe en la perspectiva de una crisis del conocimiento, de la objetivación del mundo, la intervención del conocimiento sobre la naturaleza y la emergencia de entes híbridos que desbordan el sentido tradicional de la ontología y la epistemología. Según Leff<sup>2</sup> la racionalidad ambiental se forja en un reencuentro de lo real y lo simbólico, en la re significación del mundo y la naturaleza, en un entramado de relaciones de otredad entre seres y un diálogo de saberes, donde se reconfigura el ser, se reconstituyen sus identidades, y se forjan nuevos actores sociales en una política de la diferencia guiada por un deseo de saber y de justicia, en la reapropiación social del mundo y de la naturaleza.

El término de “complejidad” y “complejo” se relaciona con un entendimiento, pensamiento o alguna cosa/situación negativa, donde se deben tener en cuenta muchos aspectos para entender, comprender y resolver un asunto, a esto se le puede denominar “complicado” como sinónimo de complejidad y complejo.

La complejidad ambiental irrumpe en el mundo como un efecto de las formas de conocimiento, pero no es solamente relación de conocimiento. No es una biología del conocimiento ni una relación entre el organismo y su medio ambiente. La complejidad ambiental no emerge de las relaciones ecológicas, sino del mundo tocado y trastocado por la ciencia, por un conocimiento objetivo, fragmentado, especializado. No es casual que el pensamiento complejo, las teorías de sistemas y las ciencias de la complejidad surjan al mismo tiempo que se hace manifiesta la crisis ambiental, allá en los años sesenta, pues el fraccionamiento del conocimiento y la destrucción ecológica son síntomas del mismo mal civilizatorio<sup>3</sup>.

Este trabajo se enfoca en la gestión del recurso hídrico en prácticas de agricultura, sus problemáticas ambientales y su afectación a las comunidades aledañas, es decir que la complejidad ambiental se guiara a estas temáticas para ayudar a entender el término “complejo” en los problemas ambientales del recurso hídrico en prácticas de riego que se realizan en la agricultura en Colombia.

---

<sup>2</sup> LEFF, Enrique. La complejidad ambiental En: Revista de la Universidad Bolivariana [sitio web] Santiago, CHILE. Vol. 6. No. 16. 2007 p. 5 ISSN: 0717-6554 [Consultado 05, Marzo 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30501605>

<sup>3</sup> *Ibíd.*, p6.



“La gestión del agua, como sistema complejo; y su relación con las diversas unidades de producción, usuarias de los recursos naturales, se manifiesta la heterogeneidad e interdependencia de los componentes (García, 2011). El sistema manifiesta su heterogeneidad debido a que en este concurren conocimientos de diversas disciplinas como la geología, edafología, física, hidrología, agronomía y otras áreas del saber”<sup>4</sup>.

Es necesario aclarar que no todos los problemas del medio ambiente relacionados con el recurso hídrico son “complejos”, ni requieren de investigaciones interdisciplinarias. Los problemas ambientales que se abordan como un sistema complejo son unidades de análisis indivisibles porque funcionan como una totalidad en la medida que:

1. Los elementos que lo comprenden son heterogéneos (se abordan por dominios teóricos de distintas áreas del conocimiento, disciplinas y especialidades).
2. Estos elementos heterogéneos se definen entre sí; esto es, cada uno tiene un carácter que le pertenece, en tanto los otros elementos lo definen (interdefinibilidad de sus funciones).
3. Se disponen en niveles de organización con dinámicas propias (niveles de análisis distintos).
4. Estos niveles de organización interactúan entre sí (sistemas abiertos).
5. Su desarrollo es por reorganizaciones sucesivas (no lineales)<sup>5</sup>.

Para entender mejor a que se le puede llamar sistema complejo, existe un “ciclo” donde es aquél que muestra la relación de una serie de adjetivos para la existencia de la complejidad en un sistema ya sea ambiental, antrópico, hídrico, etc.

El ciclo de un sistema complejo se muestra en la siguiente figura. Se entiende como un cambio progresivo y un dominio de estabilidad debido a perturbaciones externas que puedan modificar la negatividad en la complejidad del sistema.

En la siguiente figura se tiene una fase llamada “crecimiento” es aquella donde más crece la complejidad y se hace una retroalimentación positiva. El “equilibrio” es un periodo de estabilidad se da por la capacidad de adaptación ya que nunca se podrá tener un equilibrio total o perfecto. En este momento el sistema parece ser indestructible debido a su falta de flexibilidad. Allí llega la “disolución” es aquella donde el sistema es destruido por una perturbación externa ya que al hacer una retroalimentación positiva se generan grandes cambios en el sistema y

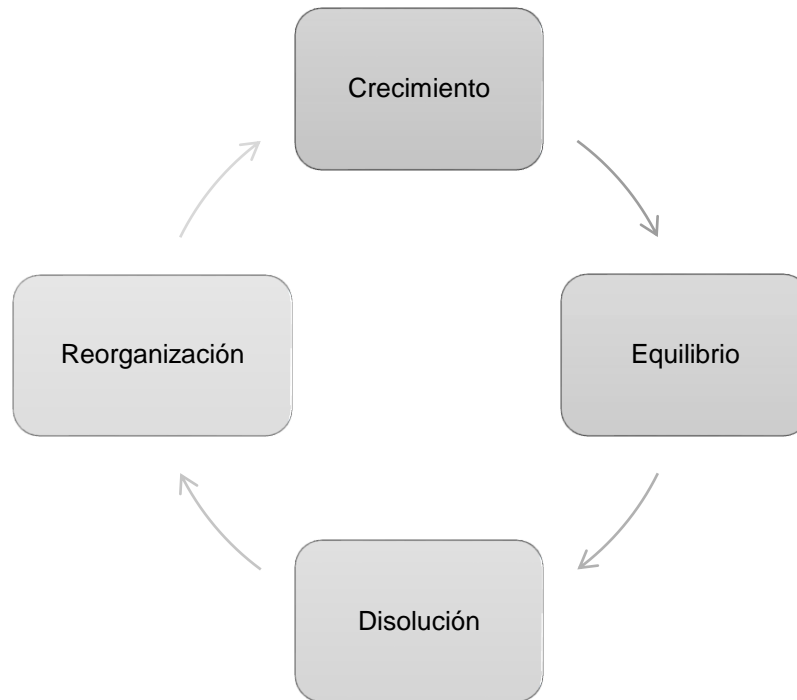
---

<sup>4</sup> ZARATE, Héctor, MARTÍNEZ, Carlos y LÓPEZ, María Enfoque sostenible/complejo para la gestión integrada de territorios áridos con orientación agro productiva en México En: Revista Universidad y Sociedad. [Scielo] México mayo.-agosto. vol. 8 no. 02. 2016 p.205 ISSN 2218-3620 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n2/rus26216.pdf>

<sup>5</sup> MADDIX, Eric John. Sistemas complejos y gestión ambiental, México D.F. P. 20 [Consultado 20, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://era-mx.org/biblio/SistemasComplejos\\_GesAmb\\_CBM.pdf](http://era-mx.org/biblio/SistemasComplejos_GesAmb_CBM.pdf)

este se desbarata. Por último, la reorganización es un periodo donde el sistema comienza a recuperarse de la destrucción, es un tiempo de creación donde estas ideas pueden coger hacia cualquier dirección y tomar una estabilidad negativa o positiva casi siempre dependiendo de factores externos.

Gráfico 2. Ciclo de un sistema complejo



Fuente: Autoría propia

**1.2.1 Pensamiento sistémico.** El ser humano logra entender un sistema complejo partiendo de cambiar su pensamiento cotidiano del porque se da tal cosa, a un pensamiento sistémico, a un pensamiento que tiene en cuenta un todo y sus partes, así mismo las interacciones y conexiones entre estas.

El pensamiento sistémico no se queda en determinar las características de las partes, sino que va más allá hasta la comprensión profunda del por qué.

La definición de pensamiento sistémico es muy objetiva según cada autor que desea hablar de esta, pero todas las definiciones que se encuentran abarcan el mismo fin es decir llegan al mismo punto de tener una correlación entre los componentes que se tratan y entender un funcionamiento de un sistema, así como se muestra en las siguientes definiciones de diferentes autores.

“Podemos entender el pensamiento sistémico como la capacidad de comprender las relaciones entre los diversos componentes de un sistema organizacional que obtiene resultados deseados e indeseados. El Dr. Deming insiste en su libro La

nueva economía que solo existe un sistema cuando sus componentes se relacionan para buscar un fin común. Es decir, sin un fin común no habría sistema, lo que implica que nada más habría una serie de componentes desunidos y hasta competitivos individualmente”<sup>6</sup>.

“Este pensamiento es una actividad realizada por la mente con el fin de comprender el funcionamiento de un sistema y resolver el problema que presenten sus propiedades emergentes. El pensamiento sistémico es un marco conceptual que se ha estado desarrollando en los últimos setenta años, para que los patrones totales resulten claros y permitan ser modificados”<sup>7</sup>.

Una vez se entienda cada definición y cada finalidad a la que cada autor desee llegar se debe conocer las características del pensamiento sistémico, para que complemente y se logre dar una mejor explicación a una definición tan compleja.

Las características del pensamiento sistémico son las siguientes:

- Enfatiza la observación de un todo y no de cada parte.
- Es un lenguaje circular y no lineal.
- Tiene un conjunto de reglas precisas que reducen las ambigüedades y problemas de comunicación que generan mayor problema al debatir situaciones complejas.
- Contiene herramientas visuales para observar el comportamiento del modelo.
- Abre una ventana en nuestro pensamiento, que convierte las percepciones individuales en imágenes explícitas que dan sentido a los puntos de vista de cada persona involucrada.

Para que una persona logre llegar a un pensamiento sistémico debe seguir una metodología que ayudara a obtener una visión clara y concisa a cualquier tema y a su vida.

Cuando un agricultor cambia a tener un pensamiento sistémico, tiene una visión totalmente diferente de su cultivo y de todos los procesos que la agricultura conlleva. Un agricultor podría visionar cualquier posible problemática circular con las afectaciones al ambiente, logrando así hacer mejoras preventivas en sus procesos de producción y obteniendo un mejor producto final.

---

<sup>6</sup> ALJURE LEÓN, Juan Pablo, Pensamiento sistémico: la clave para la creación de futuros realmente deseados [sitio web] s.f. p. 5 [Consultado 15, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://jmonzo.net/blogeps/psjpa1.pdf>

<sup>7</sup> SENGE, Peter, La quinta disciplina: el arte de la organización abierta al aprendizaje [sitio web] Buenos Aires: Garnica. 2005 p. 13 ISBN 950-641-430-0 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.jmonzo.net/blogeps/laquintadisciplina.pdf>

Algunos conceptos básicos de pensamiento sistémico aplicado a la agricultura, serían:

El sistema agrario. Sus límites son aquellos de una unidad territorial de escala media (también llamada «meso»), que podría ser una micro región, comarca, cuenca u otra unidad geográfica o política. El punto de partida en el estudio del sistema consiste en definir estos límites basándose principalmente en criterios de orden territorial y físico. Sus componentes principales son, por una parte, el medio físico, con su ecosistema, recursos naturales, infraestructuras, etc.; y por otra, la sociedad local, con sus grupos sociales, instituciones, etc. Se parte considerando que la sociedad utiliza y explota ese medio ambiente, modificando el ecosistema para satisfacer sus necesidades.

El sistema de producción. Los límites del sistema, en este caso a nivel de una finca, un fundo, o una explotación agrícola (minifundio, latifundio, o unidad de producción familiar, etc.), son aquellos de la unidad de producción, sea ésta familiar, empresarial, estatal, etc. Sus principales componentes son la instancia de gestión, administración y decisión y los medios de producción presentes en la unidad. Entre estos se encuentran: la tierra, el agua, los bosques, los recursos genéticos, animales y vegetales; los insumos; las tecnologías y las herramientas agrícolas; la mano de obra (adulta e infantil, familiar, de ayuda comunitaria y asalariada); el capital fijo (los edificios, las herramientas, los medios de transporte y las maquinarias para la producción, conservación, transformación y comercialización, etc.); el capital de trabajo (origen propio, crédito formal, crédito informal, etc.) y el conocimiento (asistencia técnica, educación, extensión agrícola, cultura tradicional y capacitación)<sup>8</sup>.

**1.2.2 Teoría de sistemas.** Se realizó una revisión de los autores latinoamericanos más representativos e importantes de la teoría de sistemas en los últimos años, para realizar el estudio en Colombia o basarse en estudios cercanos.

“La Teoría General de Sistemas (TGS) se presenta como una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad y al mismo tiempo, como una orientación hacia una práctica estimulante para formas de trabajo transdisciplinarias”<sup>9</sup>.

Los objetivos originales de la Teoría General de Sistemas son los siguientes:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.

---

<sup>8</sup> ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN ROMA, Género y sistemas de producción campesinos: lecciones de Nicaragua [sitio web] Roma. sec. Búsqueda de documentos. 2005. [Consultado 17, Octubre 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y4936s/y4936s03.htm>

<sup>9</sup> ARNOLD, Marcelo y OSORIO, Francisco, Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas [sitio web] 3 de Abril 1998 [Consultado 05, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/101/10100306/>

- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos.
- Promover una formalización (matemática) de estas leyes.

“La teoría general de sistemas a través del análisis de las totalidades y las interacciones internas de estas y las externas con su medio, es una poderosa importante herramienta que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad y también hacen posible la predicción de la conducta futura de esa realidad”<sup>10</sup>.

La Teoría General de sistemas se concibe como una serie de definiciones, de suposiciones y de proposiciones relacionadas entre sí por medio de las cuales se aprecian todos los fenómenos y los objetos reales como una jerarquía integral de grupos formados por materia y energía; estos grupos son los sistemas.<sup>11</sup>

A partir de las definiciones anteriores y conociendo los objetivos generales de la teoría general de sistemas, se podrá guiar el tema a la siguiente figura la cual muestra que conforma la teoría de sistemas o un sistema como tal, sus conexiones y su relación con un todo.

Gráfico 3. Teoría de sistemas



Fuente: Autoría propia

<sup>10</sup> JOHANZEN, Oscar, Introducción a la Teoría general de los Sistemas. [sitio web] México D.F: LIMUSA. 1993 p.14. ISBN 968-18-1567-X. [Consultado 10, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Introduccion\\_\\_Teoria\\_General\\_Sistemas\\_\(Oscar\\_Johansen\).pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Introduccion__Teoria_General_Sistemas_(Oscar_Johansen).pdf)

<sup>11</sup> ALZATE, Alonso, Teoría general de Sistemas [sitio web] Bogotá D.C. CO. P.82. s.f [Consultado 05, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/57900/1/teoriageneraldesistemas.pdf>

Las metas principales de la teoría general de los sistemas son las siguientes:

- Hay una tendencia general hacia la integración en las diferentes ciencias, naturales y sociales.
- Tal integración parece girar en torno a una teoría general de los sistemas.
- Tal teoría pudiera ser un recurso importante para buscar una teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.
- Al elaborar principios unificadores que corren verticalmente por el universo de las ciencias, esta teoría nos acerca a la meta de la unidad de la ciencia.
- Esto puede conducir a una integración, que hace mucha falta, en la instrucción científica<sup>12</sup>.

Las características para llevar a cabo una teoría de sistemas se dividen como se muestra en el gráfico 4.

Gráfico 4. Características de una teoría de sistemas



Fuente: Autoría propia

---

<sup>12</sup> BERTALANFFY, Von Ludwig, Teoría general de los sistemas [sitio web] Traducido de Juan Almela México, D.F: FCE, 1986 p.10. ISBN 968-16-627-2. [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas\\_-fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf](https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas_-fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf)

**1.2.3 Sistema Socio-ecológico.** Es necesario conocer cada sistema y sus características, es decir el sistema económico, social y ecológico, para luego conectar cada sistema con el uso y la buena gestión del agua en prácticas de agricultura, a partir de la complejidad ambiental.

- Un sistema económico tiene por base la estructura económica surgida de la existencia de necesidades humanas (Biológicas, físicas, psiquiátricas, culturales, entre otras) que plantean problemas económicos básicos, las estructuras económicas están delimitadas por la propiedad de los medios de producción los cuales se resuelven a través de las actividades económicas fundamentales (producción, cambio, distribución, consumo), realizadas gracias a la existencia de factores productivos.

En ese sentido, el sistema económico se basa en el conjunto de instituciones y normas que traducen el carácter de la organización económica de una determinada sociedad<sup>13</sup>.

- Un sistema social “parecería evidente que las ciencias sociales analizan estos sistemas en lugar de describir conductas individuales sociales no analizadas sin embargo, el enfoque sistémico explícito aún no está suficientemente difundido entre los estudiosos de la sociedad y los epistemólogos de las ciencias sociales.

- Un sistema social es un sistema concreto compuesto por animales que; comparten un mismo entorno, actúan directa o indirectamente sobre otros miembros del sistema y cooperan entre sí en algunos aspectos y rivalizan en otros”<sup>14</sup>.

- “Los sistemas ecológicos son diferentes en cada lugar, tanto los seres vivos como su hábitat, cada región, país y zona tienen su sistema ecológico característico, tanto terrestres como acuáticos. Algunos son comunes a la mayoría de las regiones de cualidades biogeográficas similares”<sup>15</sup>.

Ahora al conectar el sistema ecológico que es el sistema que más se relaciona con el uso del agua, se debe hablar del **ciclo del agua**, como se muestra en la siguiente imagen. El ciclo del agua es muy importante ya que la vida en la Tierra depende de este, también describe el movimiento y la presencia del agua en la Tierra, muestra los estados por los que pasa el agua, sólido, líquido y gaseoso.

---

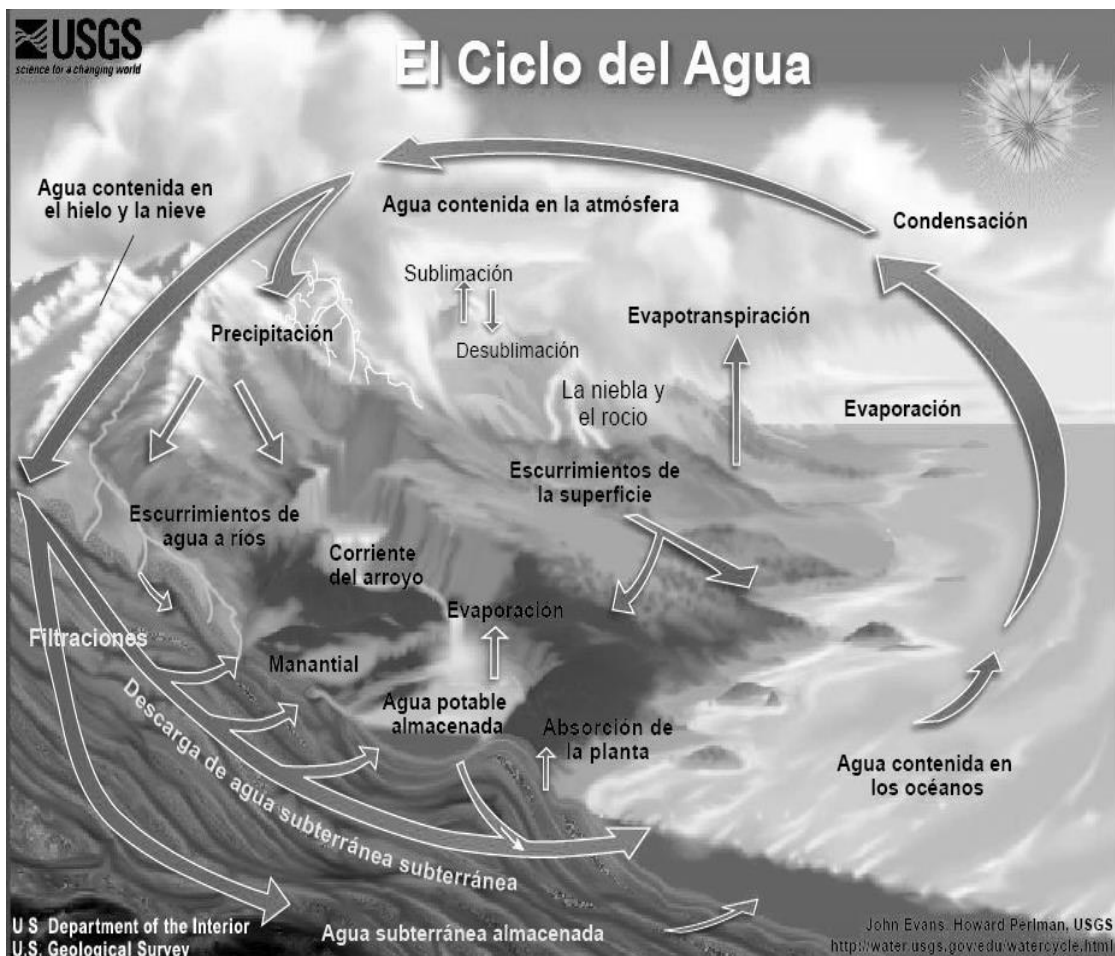
<sup>13</sup> OLIVARES, Elías, Sistemas económicos y modelos de economía moderna. Bogotá: Editorial Universidad Autónoma de Colombia, 2014. [sitio web] Bogotá D.C. CO. 2014 p.15. ISBN 978-958-8433-42-4 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://www.fuac.edu.co/recursos\\_web/documentos/publicaciones/descargalibros/TOMO3SISTEMASECOWP.pdf](http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/publicaciones/descargalibros/TOMO3SISTEMASECOWP.pdf)

<sup>14</sup> BUNGE, Mario. Sistemas sociales y filosofía – 2ed: 1999 [sitio web] Bogotá D.C. CO. 1995 p.17. ISBN 950-07-1074-9 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/fcdfb0\\_sistemas-sociales-y-filos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/fcdfb0_sistemas-sociales-y-filos%20(1).pdf)

<sup>15</sup> SANTILLANA, ¿Qué es un ecosistema ecológico?, [sitio web] Bogotá D.C. CO. p.33. s.f [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.santillana.com.uy/pdfs/libroPDF1459.pdf>

El ciclo del agua no se inicia en un lugar específico, pero a lo largo de estudios que se han realizado se optó por tomar como inicio el ciclo del agua en los océanos. Así mismo se conoce que el Sol es el encargado de manejar y dirigir el ciclo del agua, ya que este es el que evapora el agua en los océanos y así el agua se condensa y sube a las nubes. Las corrientes de aire mueven las nubes sobre el globo, las partículas de nube colisionan, crecen y caen en forma de precipitación. Parte de esta precipitación cae en forma de nieve, y se acumula en capas de hielo y en los glaciares, los cuales pueden almacenar agua congelada por millones de años. En los climas más cálidos, la nieve acumulada se funde y derrite cuando llega la primavera.

Gráfico 5. Ciclo del agua



Fuente: Autor La ciencia del agua En: USGS, [sitio web] USA. sec. wáter cycle. 2017 [Consultado 05, Marzo 2018] Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

Al hablar de la escasez hídrica se debe asociar, identificar, estudiar, reconocer y analizar en su dimensión social, no solo como un fenómeno natural. Es decir, la escasez del agua depende en gran medida de la manera en cómo el ser humano la utiliza, la malgasta, la toma como negocio, la desperdicia y sin contar que para



toda actividad realizada por el hombre se requiere el uso del agua, es por esto que se debe analizar la parte socio-ecológica del recurso hídrico, tecnología, político, social y económico.

La relación entre el sistema social y el medio ambiente, es decir el sistema socio/ecológico es sumamente importante en los recursos y su gestión.

Esta intrincada relación entre medio ambiente y sociedad ha sido abordada desde múltiples perspectivas, sin embargo, las más importantes y productivas han sido aquellas provenientes de las tradiciones sistémicas. Entre ellas se cuentan los relevantes desarrollos teóricos en el marco del enfoque de los sistemas complejos adaptativos (Buckley 1968; Holland 1992, 2006; Gell-Mann 1994; Gunderson & Holling 2002), dentro de esta perspectiva los sistemas socio-ecológicos (Holling 2002; Norbert & Cumming 2008; Ostrom 2009; Rappaport 1977), y paralelamente los sistemas sociales autopoieticos (Luhmann, 1998a, 2007; Maturana & Varela 1984). El enfoque de los sistemas socioecológicos entiende a éstos como un entramado de relaciones en torno a recursos que son necesarios para la vida humana, donde interactúan variables sociales y ambientales (Ostrom 2009), por este motivo, no se trata solamente de un sistema que se estructura en torno a un problema ecológico, sino que considera también sistemas sociales humanos que interactúan en un espacio determinado<sup>16</sup>.

**1.2.4 Gestión del agua en la agricultura.** El recurso hídrico en la agricultura hace el papel de mayor importancia, ya que el uso en exceso o el uso ineficiente de este, producirá pérdidas y daños en los cultivos agrícolas, lo que llevara a un crisis alimentaria a las poblaciones cercanas, conllevando así a una afectación a la economía y finalmente a aumentar el número de pobreza en las poblaciones afectadas, lo que se define como complejidad ambiental e implementar un pensamiento sistémico a la buena gestión del agua ya que no solo afecta al dueño de los cultivos y sus ganancias sino que afecta a un todo y va más allá de una sola persona afectada.

“El concepto de agricultura ha sido tradicionalmente entendido como propio de actividades muy dependientes del medio físico natural. No debe pues extrañar que la prosperidad agrícola de una zona fuera concebida como algo consustancial con circunstancias favorables de suelo, clima y agua. La condición desfavorable de alguno de estos factores limitaría el potencial de diversas prácticas agrarias, hasta el punto de dar pie a prejuizar que éstas perderían todo interés económico”<sup>17</sup>. El papel del recurso hídrico es sumamente importante para vivir con las necesidades básicas, hacer una buena gestión del agua en cualquiera de tantos

---

<sup>16</sup> URQUIZA GOMEZ, Anahí y CADENAS, Hugo. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica, [sitio web] sec. open edition books. 2015 [Consultado 05, Marzo 2018] Disponible en: <http://journals.openedition.org/ordea/1774>

<sup>17</sup> GÁLVEZ LÓPEZ, J. Gestión del agua en la agricultura intensiva, [sitio web] p.10. s.f [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/\\$File/SA-C6.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/$File/SA-C6.pdf)

usos que se obtienen del agua, ayuda al ser humano a tener un lugar digno de vivir y compromete a las comunidades a cuidar el recurso.

“El agua tiene una importancia fundamental para el desarrollo humano, el medio ambiente y la economía. El acceso al agua y la seguridad hídrica son primordiales para mejorar la seguridad alimentaria, los ingresos y los medios de vida de las comunidades rurales”<sup>18</sup>.

El uso del agua y su gestión en la agricultura incluye la gestión de agua en la producción agrícola, la pesca y la producción ganadera, y si se mejora la gestión del recurso hídrico en estas áreas dará como resultado una seguridad alimentaria y se podrá erradicar la pobreza en el mundo.

Primero debemos hablar de la gestión del agua en la agricultura si la gestión es eficiente o ineficiente, algunas problemáticas que se presentan se ven reflejadas en el gran volumen que se necesita de este recurso para poder producir lo deseado.

El agua al comportarse como un recurso natural limitativo ejerce impactos ambientales, económicos y sociales. Se le asocia con daños ecológicos, disminución de las actividades económicas, desempleo y movimientos migratorios de la población. En muchos casos se vincula con pérdida de la diversidad vegetal, con la desnutrición y la afectación a la salud en los grupos de población más vulnerables. Por todo ello se puede convertir en un fenómeno devastador si la afectación a la región se prolonga en el tiempo; su gestión requiere de un enfoque flexible, dinámico, más allá de los intereses privados, del discurso desarrollista, la retórica, y la visión reduccionista. Se trata de un asunto serio, ineludible y por tanto entonces, complejo<sup>19</sup>.

En la agricultura parte del agua es reciclada volviendo a ser incorporada del agua subterránea y/o superficial. Sin embargo, pese a este retorno de riego y lixiviación, la agricultura es, a la misma vez, la principal causa de degradación de los recursos hídricos superficiales y subterráneos mediante la erosión y residuos agroquímicos y anegamiento de cultivos de regadío. Y víctima debido al uso de agua residual, superficial y subterránea contaminada, obliga a tomar medidas de remediación, afecta cultivos y transmite enfermedades a los consumidores y agricultores.

“El FIDA ha trabajado de manera firme y sostenida en la gestión del agua de lluvia y el riego, y ha acumulado importantes conocimientos técnicos sobre la

---

<sup>18</sup> NESBITT, Christine, Gestión del agua para uso agrícola, [sitio web] sec. Documentos. p. 22. Agosto de 2016 [Consultado 30, Mayo 2018] Disponible en: [https://maintenance.ifad.org/documents/38714170/40237450/Scaling+up+note+on+agricultural+water+management\\_s.pdf/48fdd255-cce7-44de-a4db-5324b8d19db9](https://maintenance.ifad.org/documents/38714170/40237450/Scaling+up+note+on+agricultural+water+management_s.pdf/48fdd255-cce7-44de-a4db-5324b8d19db9)

<sup>19</sup> ZARATE, Op. Cit.,p.208

construcción de la infraestructura física adecuada, junto con el desarrollo organizativo e institucional conexo. El Fondo reconoce que la buena gobernanza y el fomento de la capacidad son esenciales para lograr que las inversiones vinculadas a la infraestructura hídrica efectivamente favorezcan a los beneficiarios previstos”<sup>20</sup>.

La evapotranspiración es la cantidad de agua transpirada por el cultivo y evaporada desde la superficie del suelo en donde se asienta el cultivo. Hay dos tipos de evapotranspiración que son las siguientes:

- Evapotranspiración potencial o máxima: Es la cantidad de agua consumida, durante un determinado periodo de tiempo, en un suelo cubierto de una vegetación homogénea, densa, en plena actividad vegetativa y con un buen suministro de agua.
- Evapotranspiración real: Es la cantidad de agua realmente consumida por un determinado cultivo durante el periodo de tiempo considerado<sup>21</sup>.

Según investigaciones desarrolladas en avances de la agricultura, la determinación del consumo neto del agua de un cultivo o evapotranspiración (ETc) se relaciona con un valor de referencia (ETo) mediante la siguiente formula: <sup>22</sup>

$$ETc = ETo * Kc$$

Dónde:

ETc: Evapotranspiración

ETo= Valor de referencia, se refiere a la evapotranspiración de cultivos tipificados, de gramíneas (ETo) o alfalfa (ETr), en los que su ET sólo está condicionada por factores meteorológicos.

Kc= Coeficiente de cultivo

La evapotranspiración es esencialmente importante conocerla ya que esta tiene la misma función de la evaporación, con la única diferencia que la superficie de donde escapan y se evaporan las moléculas no es una superficie acuática sino que son hojas de plantas.

La cantidad de agua que es transpirada de una hoja de planta varía muy rápido según los factores ambientales como radiación solar, humedad, temperatura y viento, estas actúan sobre la planta cambiando sus propiedades naturales y provocan un tiempo corto para que la planta transpire más rápido el agua.

---

<sup>20</sup> Ibíd., p.35.

<sup>21</sup> FUENTES, José, Técnicas de riego, [sitio web] p.68. 1999 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/Tecnicas-de-Riego.pdf>

<sup>22</sup> GÁLVEZ LÓPEZ, J. Gestión del agua en la agricultura intensiva, [sitio web] Bogotá D.C. CO. p.15. s.f [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/\\$File/SA-C6.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/$File/SA-C6.pdf)

La evapotranspiración ayuda a conocer que tan afectadas están las propiedades naturales de la vegetación del suelo, dando un valor de que tan productivo será un cultivo en esa área.

**1.2.5 Sistema de riego.** El objetivo de un sistema de riego es poner a “disposición la cantidad de agua necesaria en un cultivo para que cubra las necesidades, complementando la recibida en forma de precipitaciones. Al momento de distribuir el agua en un cultivo se tropieza con unas numerosas dificultades, que ocasionan pérdidas e impiden que el agua se reparta de forma homogénea y presentar una buena gestión de esta”<sup>23</sup>.

“La adecuada programación del riego trata de optimizar el agua aplicada a la parcela dando respuesta a dos preguntas:

- ¿Cuánta agua debo aportar al cultivo?
- ¿Cuándo debo aportársela?”<sup>24</sup>.

Algunas problemáticas ambientales que se presentan en la agricultura debido a la mala utilización del recurso hídrico en sistemas de riego son las siguientes como se expresa el autor Iván Gallardo.

“El hecho que un agricultor en particular utilice inadecuadamente el agua de riego puede no ser importante, pero los efectos derivados de este mal aprovechamiento, como el escurrimiento superficial (inundaciones de caminos, anegamiento de potreros, etc.), problemas de drenaje superficial, la recarga y contaminación de napas freáticas, afectarán sin duda a otros miembros de la comunidad, y por lo tanto al bienestar del país”<sup>25</sup>.

Según el clima, las plantas y los suelos se puede identificar si se necesitan riegos mas frecuentes o menos frecuentes como se muestra en la siguiente figura:

---

<sup>23</sup> LOP, Alberto, Curso de riego para agricultores [sitio web] Bogotá D.C. CO. p.50. Marzo 2005 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://assets.wwf.es/downloads/curso\\_de\\_riego\\_definitivo.pdf](http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf)

<sup>24</sup> Ibíd., p4.

<sup>25</sup> GALLARDO, Ivan, VARAS, Edmundo, MATAMALA, José, CABAS, Nestor, CLARET, Marcelino y MELIA, Jorge, Riego y Sustentabilidad agropecuaria, [sitio web] p. 45. 1994 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR16354.pdf>

Tabla 1. Factores asociados a las necesidades de riego de los cultivos

R i e g o s  M e n o s  F r e c u e n t e s	<b>Clima</b>		R i e g o s  M á s  F r e c u e n t e s
	Frío Humedo Sin viento	Caluroso Seco Mucho viento	
	<b>Plantas</b>		
	Raíces profundas	Raíces poco profundo	
	Raíces sanas	Raíces dañadas	
	Suelo cubierto parcialmente por follaje	suelo totalmente cubierto	
	<b>Suelos</b>		
	Profundo	Delgado	
	Textura fina (S. Arcillosos)	Textura gruesa (S. Arenosos)	
	Bajo contenido de sales	Alta salinidad	

Fuente: GALLARDO, Ivan, VARAS, Edmundo, MATAMALA, José, CABAS, Nestor, CLARET, Marcelino y MELIA, Jorge, Riego y Sustentabilidad agropecuaria, [sitio web] P. 45. 1994 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR16354.pdf>

Los sistemas de riego más utilizados en Colombia son los siguientes:

- Riego por gravedad o a pie: La energía que distribuye el agua por la parcela es la derivada de su propio peso, al circular libremente por el terreno a favor de pendiente. Con este método de riego se suele mojar la totalidad del terreno y requiere el reparto del agua mediante surcos, eras, tablares, canteros o alcorques para controlar su distribución.
- Riego por aspersión: El agua es conducida a presión. Al llegar a los emisores (aspersores) produce gotas que mojan todo el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia.
- Riego por mini y micro aspersión: El coste de operación es muy bajo. Se puede automatizar el riego. Sólo se adapta a parcelas de ciertas dimensiones y formas regulares. No condiciona el paso de la maquinaria.
- Riego por goteo: El agua se distribuye por tuberías de polietileno a baja presión, en las que a intervalos regulares están colocados los emisores, denominados goteros, responsables de la producción de las gotas. Los diversos tipos de goteros se diferencian en el sistema que usan para disipar la energía proveniente de la presión del agua y producir un flujo constante de gotas<sup>26</sup>.

<sup>26</sup> LOP, Alberto, Curso de riego para agricultores [sitio web] Bogotá D.C. CO. p.62. Marzo 2005 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://assets.wwf.es/downloads/curso\\_de\\_riego\\_definitivo.pdf](http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf)

Las diferencias de estos métodos de riego son las siguientes:

Tabla 2. Diferencias de métodos de riego.

<b>Gravedad</b>	<b>Aspersores</b>	<b>Micro aspersores</b>	<b>Goteo</b>
Riego de área	Riego de área	Riego de área	Riego localizado
Baja energía	Alta energía	Baja energía	Baja energía
Alta descarga	Alta descarga	Baja descarga	Baja descarga

Fuente: Autoría propia.

En su momento se habló de unas dificultades que se presentan al hacer la disposición del agua en los cultivos para que sea homogénea esta distribución, se deben controlar estos temas:

- Uniformidad de aplicación
- Pérdidas de aplicación
- Pérdidas de transporte
- Pérdidas en el suelo

A partir de estos problemas que se deben controlar, se conocen las eficiencias de cada sistema de riego, es decir en esa eficiencia se incluye el diseño de la instalación, el mantenimiento y el manejo. Teniendo en cuenta que el sistema A pie es el mismo que el sistema de gravedad y el sistema de Pivot es el mismo de micro aspersores. Como se muestra en la siguiente imagen:

Tabla 3. Eficiencias de los sistemas de riego

<b>Sistema de riego</b>	<b>Eficiencia</b>
<b>Goteo</b>	<b>85-95%</b>
<b>Pivot</b>	<b>80-90%</b>
<b>Aspersión</b>	<b>65-85%</b>
<b>A pie</b>	<b>30-70%</b>

LOP, Alberto, Curso de riego para agricultores [sitio web] Bogotá D.C.CO. p.50. Marzo 2005 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://assets.wwf.es/downloads/curso\\_de\\_riego\\_definitivo.pdf](http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf)

**1.2.6 Huella Hídrica:** la herramienta que se utiliza en todo el mundo para conocer el gasto per cápita de agua en actividades antrópicas y poder así controlar/gestionar el uso del recurso hídrico y así implementar normas para la buena gestión del agua en las diferentes actividades, es la Huella hídrica.

El índice “Huella Hídrica” es una herramienta de evaluación de la sostenibilidad de los recursos hídricos, utilizado para cuantificar el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada región. Este índice es útil para cuantificar los flujos de agua virtual, de las importaciones y de las exportaciones, y su estudio a niveles geográficos inferiores y específicos permite conocer exactamente cuánta agua, y en qué condiciones, se utiliza de los sistemas de agua locales, y cuánta agua sería necesaria para contrarrestar las corrientes contaminadas<sup>27</sup>.

“Estima tanto la relación directa de consumo para la nación, como el consumo que se deriva de la comercialización internacional. Para el caso colombiano, más de 38 mil millones de m<sup>3</sup> de agua al año es la huella hídrica del sector agrícola colombiano, de los cuales más de 8.700 millones pertenece al flujo de agua virtual estimado desde el país al mundo por exportación de productos agrícolas. Colombia fue el primer país del continente en trabajar este concepto con empresas”<sup>28</sup>.

Los componentes en los que se divide la huella hídrica de una persona o de cualquier producto son los siguientes:

- Azul: Es el volumen de agua dulce extraída de un cuerpo de agua superficial o subterránea y que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto.
- Verde: Es el volumen de agua de precipitación que es evaporada en el proceso productivo o incorporada en un producto.
- Gris: Es el volumen de agua contaminada, que puede ser cuantificada como el volumen de agua requerida para diluir los contaminantes hasta el punto en que la calidad del agua esté sobre los estándares aceptables<sup>29</sup>.

Para entender mejor los estudios de la gestión del agua en la agricultura ya sea en Colombia o en otro lugar, se habla de huella hídrica verde, huella hídrica azul y

---

<sup>27</sup> BECERRA, Alfredo, BRAVO, Xavier y MEMBRIVE, Victor. Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos [sitio web] Bogotá D.C. CO sec. Búsqueda documentos. 23 de Marzo de 2013 [Consultado 09, Julio 2018] Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/viewFile/42123/40102>

<sup>28</sup> HERALDO, La agricultura consume el 70% del agua en el mundo. [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Búsqueda documentos. 22 de Marzo de 2015, [Consultado 09, Julio 2018] Disponible en: <https://www.elheraldo.co/economia/la-agricultura-consume-el-70-del-agua-en-el-mundo-188535>

<sup>29</sup> ACLIMATE COLOMBIA, ¿Qué es la Huella hídrica? [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Huella hídrica. 29 de Abril de 2014, [Consultado 16, Julio 2018] Disponible en: <http://www.aclimatecolombia.org/huella-hidrica/>

huella hídrica gris, donde se muestra cada definición de las huellas hídricas en la siguiente imagen:

Imagen 1. Definiciones de las huellas hídricas; verde, azul y gris.

**Huella Hídrica Verde:** es el volumen de agua lluvia que se consume por la vegetación y no se convierte en escorrentía. Esta agua se almacena en los estratos superficiales del terreno satisfaciendo la demanda natural de la vegetación y los cultivos.

**Huella Hídrica Azul:** es el volumen de agua dulce extraído de una fuente superficial o subterránea, que responde a un déficit en la disponibilidad de agua procedente de la lluvia. El agua azul contiene conceptos implícitos de escasez y competencia por el recurso hídrico.

**Huella Hídrica Gris:** hace referencia a la contaminación y se define como el volumen de agua teórico necesario para lograr la dilución de un contaminante específico de forma tal que no altere la calidad del agua en el cuerpo receptor. No se refiere a generar un nuevo consumo, sino a reducir el volumen de contaminante.

Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia Desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)



## 2. MARCO LEGAL

En el siguiente cuadro están algunas de las normativas regidas por el Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, hacia la agricultura, uso del agua y suelo, plaguicidas, vertimientos.

### 2.1 DECRETOS

Tabla 4. Decretos Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Decreto 1843 de 1991	El uso y manejo de plaguicidas estarán sujetos a las disposiciones contenidas en la Ley 09 de 1979, el Decreto 2811 de 1974.
Decreto 3100 de 2003	: Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
Decreto 3440 de 2004	Del cobro de la Tasa Retributiva. Las Autoridades Ambientales Competentes cobrarán la tasa retributiva por los vertimientos puntuales realizados a los cuerpos de agua en el área de su jurisdicción, de acuerdo a los Planes de Ordenamiento del Recurso establecidos en el Decreto 1594 de 1984 o en aquellas normas que lo modifiquen o sustituyan.
Decreto 1443 de 2004	Prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos.
Decreto 155 de 2004	Reglamentar las tasas por utilización de aguas superficiales, las cuales incluyen las aguas estearinas, y las aguas subterráneas, incluyendo dentro de estas los acuíferos litorales.
Decreto 4742 de 2005	Por el cual se modifica el artículo 12 del Decreto 155 de 2004 mediante el cual se reglamenta el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas.
Decreto 1900 de 2006	Todo proyecto que involucre en su ejecución el uso del agua tomada directamente de fuentes naturales y que esté sujeto a la obtención de licencia ambiental, deberá destinar el 1 % del total de la inversión para la recuperación, conservación, preservación y vigilancia de la cuenca hidrográfica que alimenta la respectiva fuente hídrica; de conformidad con el parágrafo del Artículo 43 de la Ley 99 de 1993

Fuente: Autoría propia

Tabla 5. Continuación tabla 1.

Decreto 2570 de 2007	Se aceptará la información cuantitativa física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes, e información de carácter oficial relacionada con el recurso agua, generada por laboratorios ambientales que se encuentren inscritos en el proceso de acreditación ante el IDEAM y tengan aprobados y vigentes los resultados de la Prueba de Evaluación de Desempeño realizada por este Instituto
Decreto 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano.
Decreto 1480 de 2007	Aquel donde se priorizan a nivel nacional el ordenamiento y la intervención de algunas cuencas hidrográficas y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1324 de 2007	Se crea el registro de usuarios del recurso hídrico.
Decreto 1323 de 2007	Se crea el sistema de información del recurso hídrico
Decreto 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979, así como el capítulo II del Título VI – Parte III – Libro II del Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1640 de 2012	Se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1076 de 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ARTÍCULO 1.1.1.1 Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible</li> <li>- ARTÍCULO 2.2.3.1.1.5. De los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos.</li> <li>- ARTÍCULO 2.2.3.1.1.8. De las Evaluaciones Regionales del Agua.</li> <li>- ARTÍCULO 2.2.3.1.4.2. De la Red Regional de Monitoreo del Recurso Hídrico.</li> </ul>

Fuente: Autoría propia

## 2.2 LEYES

Tabla 6. Leyes Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Ley 23 de 1973	Por la cual se conceden facultades extraordinarias al Presidente de la Republica para expedir el código de recursos naturales y protección al medio ambiente y se dictan otras disposiciones.
Ley 10 de 1978	Por medio de la cual se dictan normas sobre mar territorial, zona económica exclusiva, plataforma continental y se dictan otras disposiciones.
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Publico encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones.
Ley 373 de 1997	Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua.
Ley 1151 de 2007	Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2006-2010.

Fuente: Autoría propia

## 2.3 RESOLUCIONES

Tabla 7. Resoluciones Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Resolución 104 de 2003	Por la que se establecen los criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas.
Resolución 2145 de 2005	Por la cual se modifica parcialmente la Resolución 1433 de 2004 sobre Planes de Saneamiento y Manejo Vertimientos, PSMV.
Resolución 872 de 2006	Por la cual se establece la metodología para el cálculo del índice de escasez para aguas subterráneas a que se refiere el decreto 155 de 2004 y se adoptan otras disposiciones.
Resolución 2115 de 2007	Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.
Resolución MADS 0631 de 2015 Parte 1	Programación Capacitaciones Resolución MADS 0631 de 2015 Parte 1
Programación Capacitaciones Resolución MADS 0631 de 2015 Parte 2	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Fuente: Autoría propia

Algunas de las Leyes para la agricultura en Colombia más importantes del uso de agua:

- Ley 41 de 1993: “La presente Ley tiene por objeto regular la construcción de obras de adecuación de tierras, con el fin de mejorar y hacer más productivas las actividades agropecuarias, velando por la defensa y conservación de las cuencas hidrográficas.”<sup>30</sup>
- Ley 607 de 2000: “Por medio de la cual se modifica la creación, funcionamiento y operación de las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria, UMATA, y se reglamenta la asistencia técnica directa rural en consonancia con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología.”<sup>31</sup>

---

<sup>30</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Ley 41 de 1993. [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 1993 [Consultado 4, Junio 2018] Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%2041%20de%201993.pdf>

<sup>31</sup> MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Ley 607 de 2000 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2000 [Consultado 4, Junio 2018] Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20607%20de%202000.pdf>

### 3. GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA

El agua es la fuente y la vida en el planeta Tierra, es decir que el hombre existe gracias a ella dónde el agotamiento de este recurso daría la muerte completa del planeta y por consecuente cualquier vida que este en ella. Aproximadamente tres cuartas partes de la superficie de la Tierra están cubiertas de agua.

Al hablar de Colombia específicamente en su relación con el recurso hídrico, se relaciona directamente con la gran cantidad de agua dulce que tiene el país sin omitir que Colombia delimita en un costado con el océano Atlántico y en el otro costado con el océano Pacífico. “Colombia ocupa el séptimo puesto en el ranking mundial de los países con mayor disponibilidad de recursos hídricos renovables tras Brasil, Rusia, Estados Unidos, Canadá, Indonesia y China; a pesar de ser el más pequeño de los siete países”<sup>32</sup>.

En cuanto al consumo y gestión del agua en Colombia, se han estipulado que estos siete sectores son los que mayor consumo realizan en sus procesos; Energía, Doméstico, Acuícola, Pecuario, Industrial, Servicios y Agrícola, siendo este último sector el primer sector en términos de consumo de agua, por eso cualquier estudio que se realiza al agua en Colombia, se considera este sector el que se estudia.

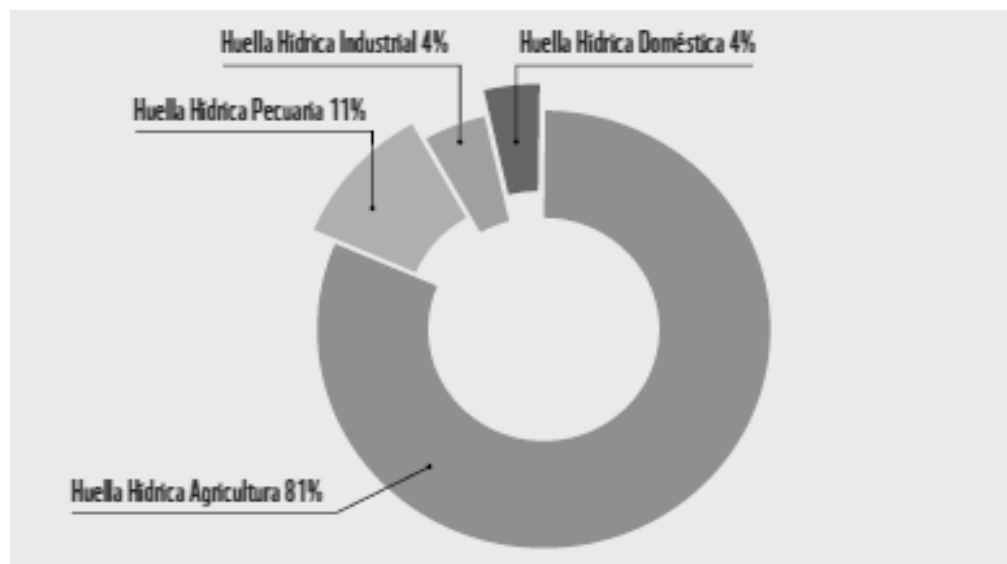
Las actividades antrópicas demandan una gran cantidad del recurso hídrico, cuando se miran porcentajes de la producción mundial y su huella hídrica, los números del estudio que se realizó entre 1996 y 2005 se tiene que los 5 países con mayor huella hídrica en su producción son: China, India, Estados Unidos, Brasil y Rusia, es decir al sumar la huella hídrica de estos países, se obtiene un valor cercano al 50% del total de la huella hídrica en la distribución global de la producción.

En la Huella hídrica de la producción global, se definen los sectores que demandan mayor recurso hídrico en su proceso y por lo tanto su huella hídrica es mayor. En la siguiente imagen se muestran los porcentajes de la huella hídrica de la producción global de la distribución sectorial.

---

<sup>32</sup> AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20 de Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

Gráfico 6. Distribución sectorial de huella hídrica de la producción global.



Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia Desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

“La huella hídrica estimada de la producción para los 12 países de Suramérica, incluidos los cuatro sectores principales mencionados anteriormente, asciende aproximadamente a 918.000 mm<sup>3</sup>/año, lo cual equivale aproximadamente a un 10% de la huella hídrica de la producción global”<sup>33</sup>.

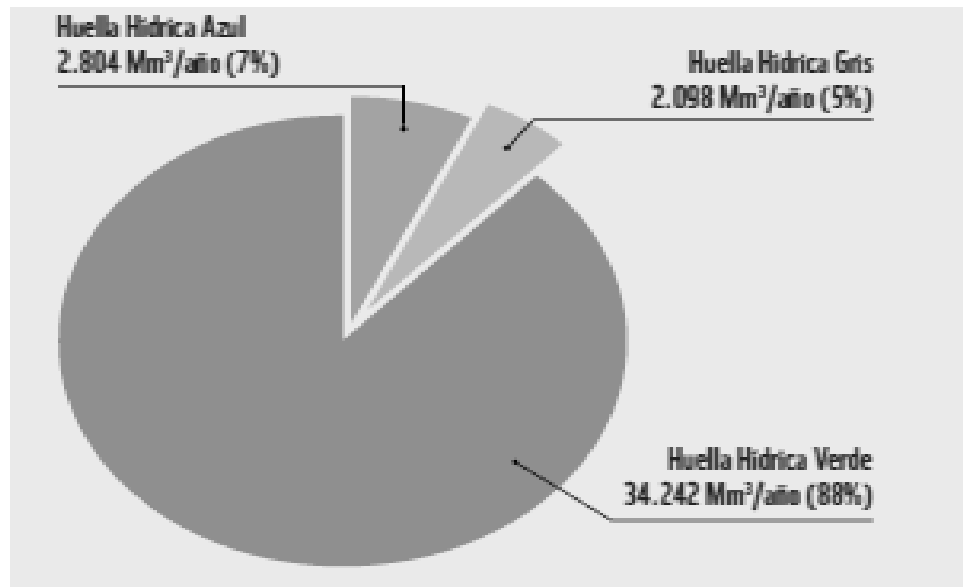
Colombia, Argentina y Brasil son los países de mayor huella hídrica de producción en Sudamérica en el estudio que se realizó en el 2012 por Arévalo Uribe Diego dónde estos tres países suman alrededor de 80% de la huella hídrica de la producción continental, teniendo en cuenta que solo Brasil tiene más del 50% de ese 80%. En el 2012 las cifras que arrojo este estudio se basó en la agricultura de estos países, pero, actualmente Bolivia se ha ido metiendo en los primeros lugares de la huella hídrica total de Sudamérica.

En el estudio de la huella hídrica en Colombia se tomaron datos en el 2008, después de analizarlos se llegó al resultado que se ve en la siguiente imagen donde se muestra la distribución porcentual de los componentes de la huella hídrica ya sea verde, azul o gris, en el sector de la agricultura en el 2008.

---

<sup>33</sup> AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20 de Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

Gráfico 7. Distribución porcentual de los componentes de la huella hídrica del sector agrícola de Colombia - 2008

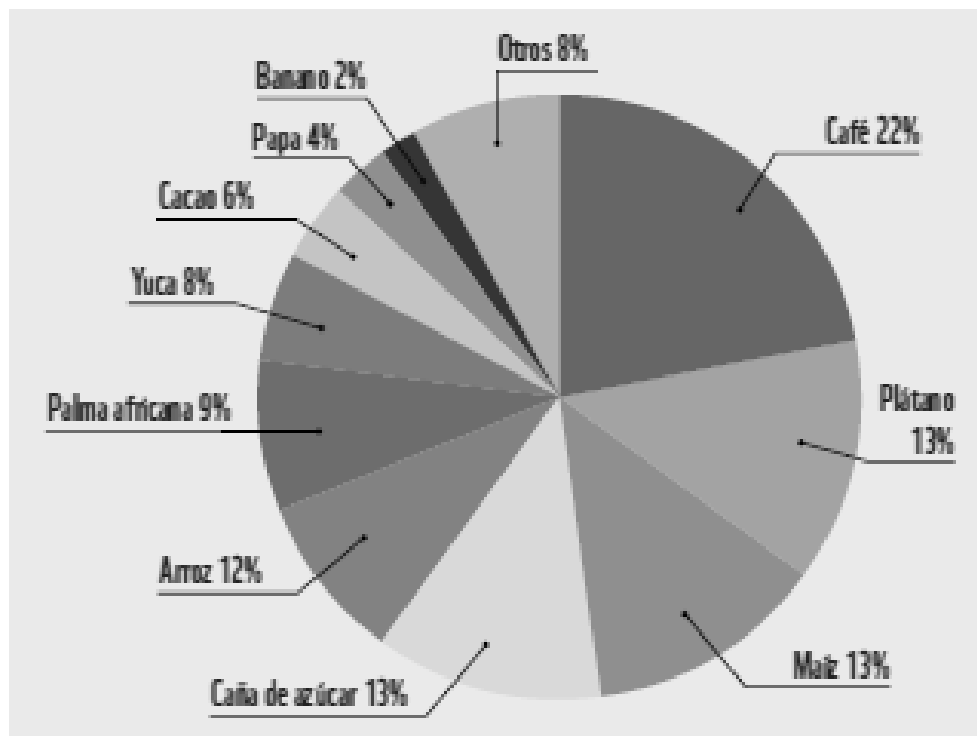


Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012- Huella HidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012- Huella HidricaColombia.pdf)

Con base en los porcentajes tan altos del sector agrícola en comparación a los otros sectores de la producción global que dejan huella hídrica, es posible mirar más allá y buscar datos de la huella hídrica verde, azul y gris, de los productos agrícolas que se cultivan en Colombia y tomar los productos agrícolas que dejen mayor huella hídrica y revisar qué tipo de riego están utilizando, para así poder hacer mejorías en la gestión del agua que se hace en las prácticas de agricultura de cada producto y modificar positivamente la huella hídrica gris.

En la siguiente imagen se muestra la huella hidrica verde del sector agrícola de Colombia por producto que se cultiva:

Gráfico 8. Distribución porcentual de la huella hídrica verde del sector agrícola de Colombia por producto.



Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-Huella HídricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-Huella-HídricaColombia.pdf)

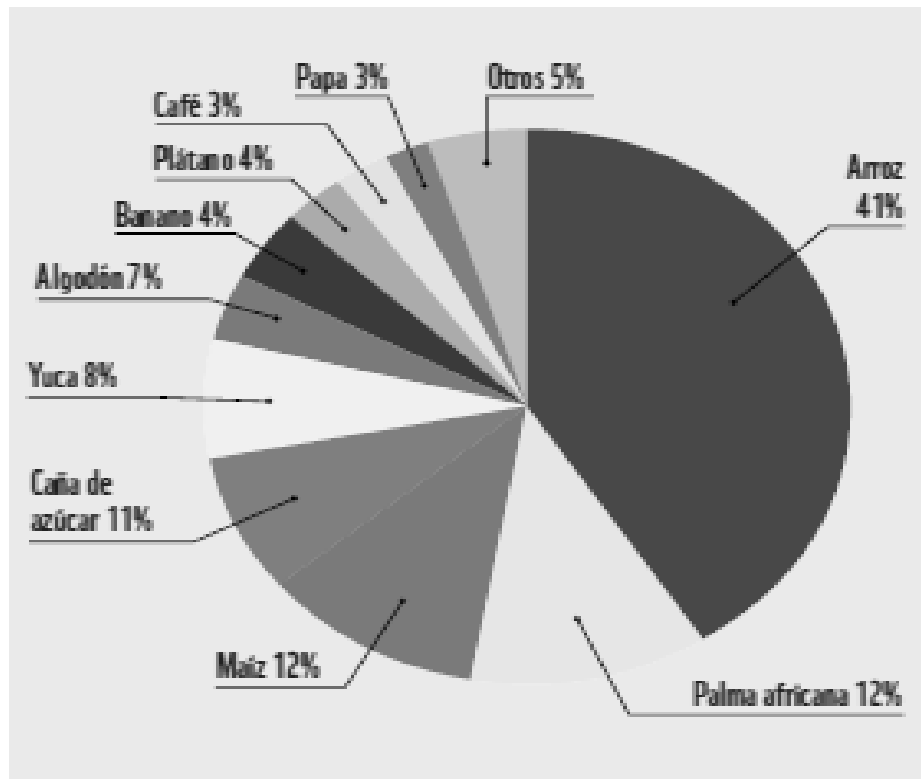
Analizando la huella hídrica verde que tiene cada producto cabe resaltar que tan solo 4 cultivos: café, plátano, maíz y caña de azúcar sumaron más de un 50% de la huella hídrica verde de los productos más cultivados en Colombia.

Para poder comparar un producto con el otro según su huella hídrica y poder modificar o hacer mejoras en la gestión del agua, se debe contemplar que la huella hídrica está compuesta de la huella hídrica verde, azul y gris, es decir que es de igual importancia conocer los porcentajes de cada producto tanto de la huella hídrica verde como de la azul o de la gris en Colombia.

En la siguiente imagen se muestra la huella hídrica azul del sector agrícola en Colombia por producto cultivado:



Gráfico 9. Distribución porcentual de la huella hídrica azul del sector agrícola de Colombia por producto.



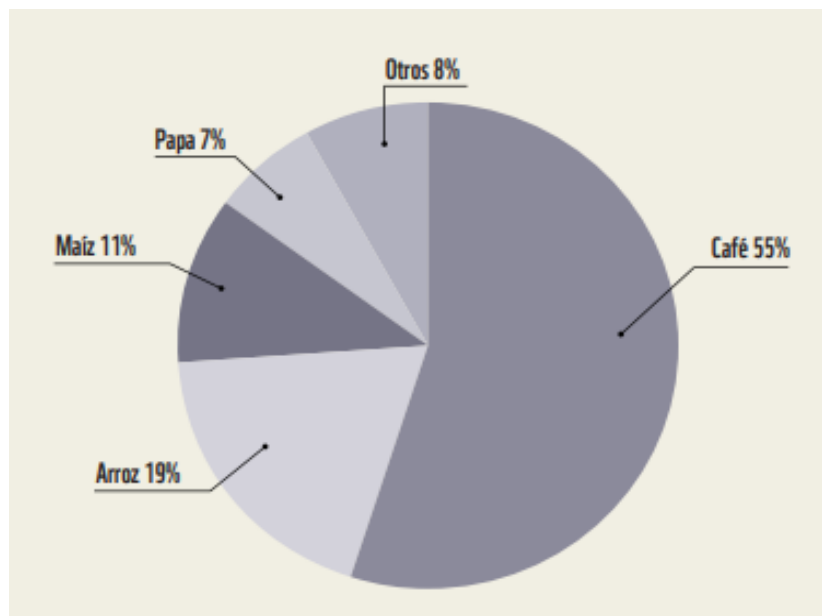
Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

A partir de la huella azul de los productos se ve reflejado que el cultivo de arroz es el que tiene un altísimo porcentaje de extracción del agua en fuentes hídricas ya sean superficiales o subterráneas en comparación con los demás productos.

Pero la huella que es más importante de mitigar y controlar es la huella gris, ya que esta muestra el agua contaminada y el agua necesaria para disminuir el porcentaje de químicos y contaminación del agua para volverla a su estado más parecido al natural.

En la siguiente imagen se muestran los porcentajes de los productos con mayor huella gris en Colombia.

Gráfico 10. Distribución porcentual de la huella hídrica gris del sector agrícola de Colombia por producto.

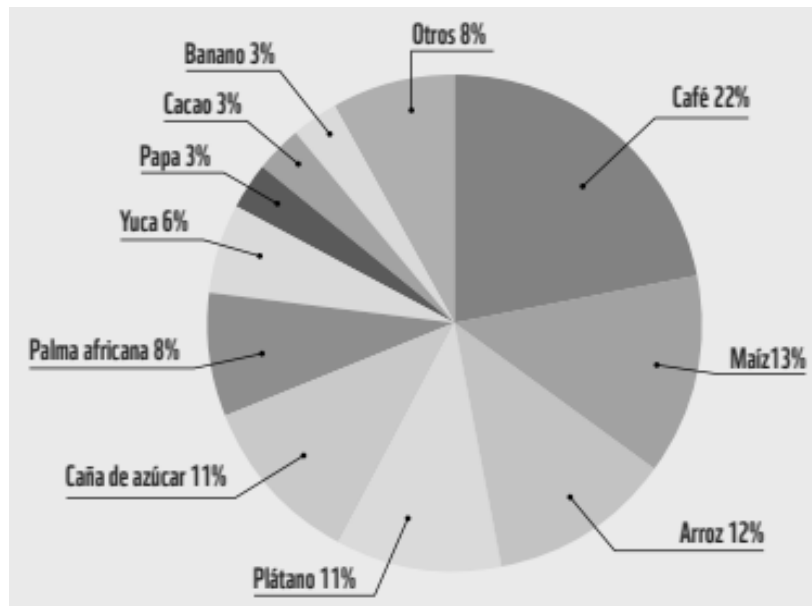


Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

En porcentajes de huella gris el producto con más de la mitad del total del porcentaje es el Café con un 55% esto es de vital importancia para poder conocer el uso del agua en estos cultivos y hacer urgentemente un plan para disminuir el porcentaje de agua contaminada e implementar un correcto y mejorado sistema de riego en este cultivo, ya que el café es el mayor cultivo nacional en cuanto a superficie sembrada y exportación.

A partir de los productos con mayor porcentaje de huella hídrica tanto verde, azul y gris se hace la suma y se muestra en la siguiente grafica los productos con mayor huella hídrica en Colombia.

Gráfico 11. Distribución porcentual de la huella hídrica total del sector agrícola de Colombia por producto.



Fuente: AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

A partir de la huella hídrica total que deja cada producto en Colombia, se describe el sistema de riego mayormente utilizado en estos cultivos para entrar en detalle si es eficiente o no.

Al revisar un cultivo lo primero que se debe conocer es el sistema de riego que tenga la finca es decir que, lo que hace que una finca pueda ser sostenible, es hacer un correcto diseño y estudio del sistema de riego adecuado para el tipo de suelo, tipo de producto que se está sembrando es decir si necesita una cantidad considerable para crecer o si puede crecer con poca cantidad de agua; al momento de hacer un correcto diseño del sistema de riego se puede conseguir una distribución correcta del recurso hídrico y de los fertilizantes. Con un sistema de riego adecuado, régimen de riego y fertilización correctos se puede conseguir un cultivo completamente sano y sostenible, ayudando al dueño del cultivo a tener ganancias mayores.

La problemática radica en que las fincas agricultoras tienen sistemas de riego inadecuados a lo que necesita ese producto cultivado y la geometría del cultivo, es decir que la cantidad de agua que se malgasta y se hace una mala gestión del recurso da cifras altísimas, entonces es cuando se busca soluciones para esas personas que tienen y viven de la agricultura, el poder hacer un correcto uso del

agua en sus cultivos. No solamente se puede explotar las fuentes hídricas naturales que se tengan cerca al predio, es decir si se tiene un río cercano a la finca, utilizar esa agua para los cultivos, la idea es promover la construcción de embalses para recolectar el agua lluvia y poder tirarla al campo por gravedad o por un sistema de riego adecuado, este sistema de ahorro y buena gestión del agua lluvia, puede ser recuperada y almacenada en algún tipo de reservorio que se diseñe en la finca para subsistir en tiempos de sequía, ya que el agua que quede en el río en momentos difíciles pueda ser utilizada de uso doméstico.

Volviendo a los productos con mayor huella hídrica total en Colombia, se muestran los principales y el sistema de riego que más es utilizado.

El café es el producto con el porcentaje más alto de huella hídrica total en Colombia, es decir que este producto es el de mayor importancia a revisar y controlar, ya que también tiene el mayor porcentaje de huella hídrica gris, teniendo tan solo el café más de la mitad del total. Este producto crece con poca agua, es la explicación del porque su huella azul es baja, ya que no se conoce de un sistema de riego que sea más utilizado en Colombia, siendo Colombia el 4to país con mayor producción de café en el mundo, este cultivo necesita del agua lluvia en gran cantidad es por eso que su huella verde es alta, pero puede aguantar altos periodos de sequía es por esto que en momentos difíciles no es necesario el extraer agua de fuentes hídricas aledañas a las fincas. Pero como no cuenta con un sistema de riego, el porcentaje de agua contaminada es muy alta porque no existe un control en la cantidad de agua tratada y sin tratar.

El arroz es el producto con mayor huella hídrica verde en Colombia, este producto tiene dos tipos de riego más comunes los cuales son: arroz riego, es aquel en el que el agua que requiere el cultivo es provista por el hombre en cualquier momento, y puede hacerse por bombeo o gravedad (ya sea que el agua provenga de distritos de riego públicos o privados, o de pozos), o por inundación o fangueo y el arroz seco, es aquel donde el agua únicamente proviene de las lluvias, y normalmente dispone de canales de drenaje.

La palma africana es el segundo producto con mayor huella hídrica en Colombia, la palma requiere de cantidades considerables de agua que difícilmente son satisfechos con las precipitaciones, lo cual lleva a suplirlo mediante riegos artificiales, los riegos que más son usados en la producción de Palma africana son; la inundación, riego por surcos, riego artificial y riego subterráneo.

El maíz es el tercer producto con mayor huella hídrica en Colombia, este producto requiere de un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5mm al día. Los riegos más comunes que se utilizan son los de aspersión y a manta.

Estos son los tres productos que tienen un porcentaje mayor y considerable de huella hídrica en Colombia, estos son los que se deben tratar, estudiar y analizar

en que se está fallando y como mejorar la gestión del recurso hídrico que están realizando.

Colombia al ser un país en donde se presentan tiempos largos de lluvia y no tiene cambios drásticos en sus climas es decir no tiene estaciones, lo hace ser un país donde la mayoría de productos (frutas y verduras) son de fácil crecimiento y cultivo, también la mayor extensión de producción en Colombia es de Café, el cual es un producto que puede soportar altos periodos de sequía lo que para los agricultores es el no utilizar sistema de riego artificial y el maíz que es el segundo producto con mayor porcentaje de huella hídrica total en Colombia, siendo este sembrado tanto con sistema de riego artificial, es decir que los tipos de riego que más se utilizan son los de inundación por medio del agua lluvia (café) y los artificiales para la ayuda en momentos de sequía (maíz).

#### 4. TEORÍA DE SISTEMAS Y LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL

La crisis ambiental de la actualidad, hay que entenderla partiendo del tema de lo que yo hago afecta al otro, es decir la crisis ambiental actual no es más que una falta de razonar correctamente sobre la modernidad, es una falta de conocimiento a un problema y su solución. El ser humano quiere seguir modernizándose, creando, desarrollándose, pero la falta de conocimiento al suponer que lo que yo hago no afecta a nada ni a nadie, es la problemática principal para entender la complejidad ambiental.

La degradación ambiental conlleva a tener una muerte entrópica del planeta es decir que no existirá energía libre para crear y mantener la vida de los seres vivos del planeta, será el resultado de la forma de pensar a través de la cual el ser humano ha ido construyendo el mundo y así mismo lo ha destruido por su pretensión de unidad, de universalidad, de generalidad y de totalidad.

La complejidad ambiental no emerge simplemente de la generatividad de la *physis* que emana del mundo real, que se desarrolla desde la materia inerte hasta el conocimiento del mundo; no es la reflexión de la naturaleza sobre la naturaleza, de la vida sobre la vida, del conocimiento sobre el conocimiento, aún en los sentidos metafóricos de dicha reflexión que hace vibrar lo real con la fuerza del pensamiento y de la palabra. La evolución de la naturaleza genera algo radicalmente nuevo que se desprende de la naturaleza. La emergencia del lenguaje y del orden simbólico inaugura, dentro de este proceso evolutivo, una novedad indisoluble en un monismo ontológico: la diferencia entre lo real y lo simbólico –entre la naturaleza y la cultura– que funda la aventura humana: la significación de las cosas, la conciencia del mundo, el conocimiento de lo real<sup>34</sup>.

La complejidad ambiental remite a un saber sobre las formas de apropiación del mundo y de la naturaleza a través de las relaciones de poder que se han estipulado en las formas dominantes de conocimiento, la teoría de sistemas y la ciencia de complejidad ambiental surgen al mismo tiempo que se hace manifiesta la crisis ambiental más o menos en los años sesenta, pues el fraccionamiento del conocimiento y la destrucción ecológica son síntomas del mal civilizatorio, del poder, del dinero y de la educación.

La crisis ambiental actual, más que una problemática ecológica, es una crisis del pensamiento y del entendimiento, de la ontología y de la epistemología con las que la civilización occidental ha comprendido el ser, a los entes y a las cosas, del conocimiento y la razón científica y tecnológica con la que se ha dominado la naturaleza y economizado el mundo moderno. A partir de esta crisis nace la racionalidad ambiental la cual abre una nueva comprensión del mundo donde

---

<sup>34</sup> LEFF, Enrique. La complejidad ambiental En: Revista de la Universidad Bolivariana [sitio web] Santiago, CHILE. Vol. 6. No. 16. 2007 p.47 ISSN: 0717-6554 [Consultado 05, Marzo 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30501605>

incorpora el límite de lo real, la demarcación del ser y la imposible totalización del conocimiento.

Ante cualquier pensamiento de la complejidad como la teoría de sistemas o un método multifacético que busca la reincorporación del mundo a través de una unión de las diferentes disciplinas y de los saberes, la complejidad ambiental se piensa como el suceder de un ser no totalitario, que no solo es la suma de sus partes, sino que es más allá de lo real existente, se abre el interrogante del infinito hacia un destino.

La teoría de sistemas establece un análisis de las totalidades y las interacciones internas y externas de cualquier actividad antrópica con su entorno, es una herramienta de vital importancia que permite la explicación de los fenómenos que suceden en la realidad es decir en lo que está sucediendo en el presente y también esta herramienta conduce a una posible predicción de la conducta futura de esa realidad, lo que abre camino a la complejidad ambiental.

La teoría de sistemas predice los diferentes escenarios que se puedan dar en un futuro, es decir, los efectos a futuro que se dan por una actividad.

La complejidad ambiental va más allá de los simples modelos matemáticos o de las ciencias exactas, donde es un pensamiento el único que se cree ser correcto, la complejidad entiende el comportamiento del ser humano con un todo, siendo un ente que afecta un entorno complejo.

La complejidad ambiental del mundo y del pensamiento, abre un nuevo debate entre la necesidad y libertad, entre el azar y la ley. Es tocar nuevamente la historia como complejidad del mundo, desde los potenciales de la naturaleza y los significados de la cultura, hacia una construcción del futuro sustentable o sostenible entre un equilibrio de la diversidad y la diferencia.

El orden que maneja el mundo se rige en tres sistemas el social, económico y ecológico, dónde lo que se hace en uno directamente afecta a los otros dos, lo que significa que lo que tú haces afecta a un todo, si se tira una piedra en China de alguna manera sin tener que ser percibida para los ojos afecta al mundo.

El termino complejidad ha ido creciendo y entendiéndose como una ayuda a comprender el comportamiento del mundo, entonces no todo lo que los ojos ven es tan sencillo y tan independiente de las demás cosas.

Existe un régimen que controla lo que usas y lo que compensas, es decir:

$$\text{Tasa de uso} = \text{Tasa de compensación}$$

La igualdad presenta lo ideal en un mundo perfecto, pero dicho equilibrio no existe, el ser humano al hacer un uso de los recursos naturales debe compensar

este mismo ya sea cultivando árboles o cualquier tasa de compensación que se avalada como de igual cantidad que la tasa de uso, ayudando así a que su consumo sea disminuido al compensar con los beneficios de una nueva planta en el planeta.

Anderson (1999), Holling (2001) y Green (2005) afirman que el hacer uso de la complejidad en el ámbito de los sistemas ambientales ayuda a no generalizar que los procesos biológicos de comportamiento, patrones e interacciones deben ser iguales, permite hacer un estudio intenso y profundo para tener un mejor entendimiento del tema. Al realizarse un estudio entre ecosistemas similares pero en lugares geográficos diferentes, una misma afectación puede producir un resultado diferente en cada sistema, de ahí se infiere que para cada problemática ambiental el estudio se debe analizar de forma directa con cada sistema, pero se puede guiar de estudios previos y adaptarlo a los patrones del caso en particular.

De esta forma para entender la complejidad aplicada al análisis ambiental y en particular de la gestión del agua para la agricultura, podemos resaltar lo señalado por Casas Pérez<sup>35</sup> en cuanto a la importancia de buscar un punto de equilibrio entre el uso y la conservación del suelo, compensar la riqueza de especies que se dan en las diferentes características edáficas del suelo acorde a las prácticas de agricultura y estudiar un modelo que analice en el sistema o red de flujo, la materia y energía utilizados.

En este análisis del estudio mencionado permite extrapolar el análisis realizado del recurso suelo al recurso hídrico, aportando lecciones aprendidas sobre el análisis del ambiente a través de la complejidad ambiental. Esto con el fin de hacer una buena gestión del recurso hídrico en prácticas de riego dónde se beneficien todas las partes involucradas, y llegar a un análisis más realista que tenga en cuenta más factores asociados a las prácticas de agricultura.

---

<sup>35</sup> CASAS PÉREZ, Diego Fernando y ROMERO FAJARDO, Jessica Alejandra, Alcance de la definición de la complejidad enfocada hacia el estudio de lo ambiental [sitio web] Bogotá D.C. CO. p,35. 2016 [Consultado 19, Octubre 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4220/1/CasasPerezDiegoFernandoRomeroFajardoJessicaAlejandra2016.pdf>

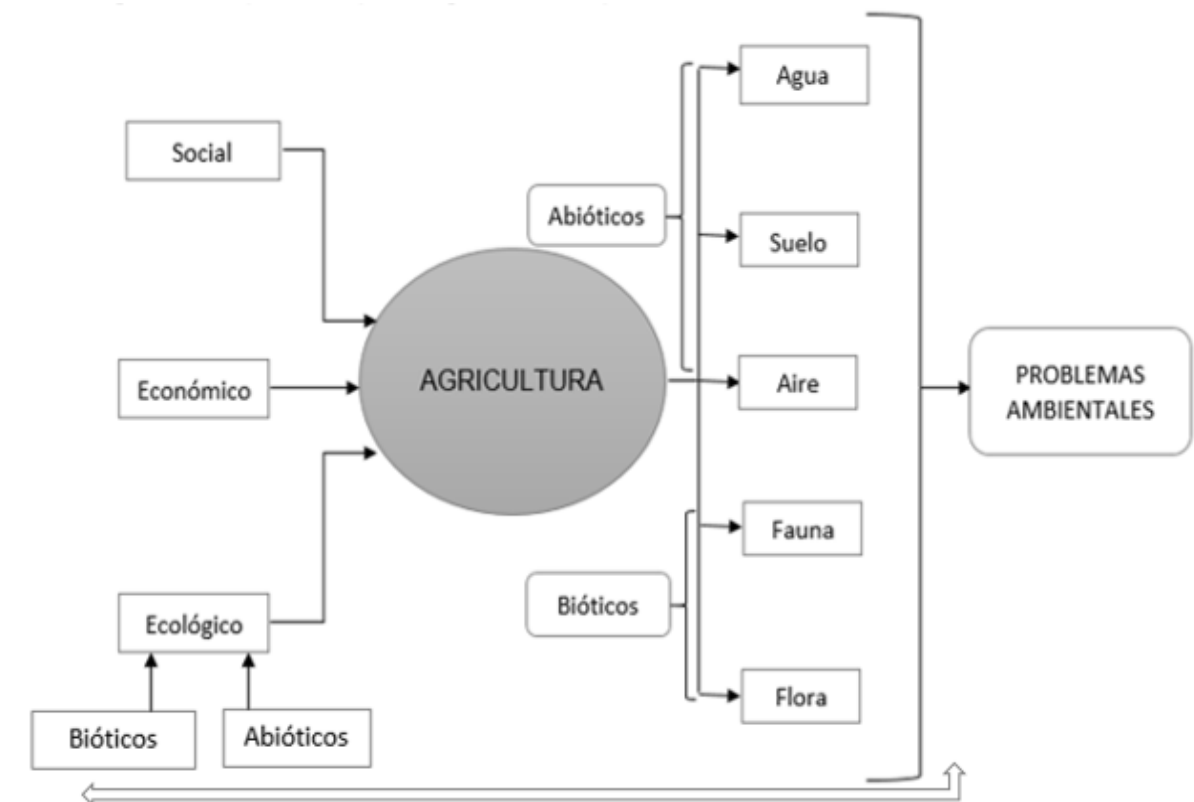


## 5. PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES DEL CICLO DEL AGUA EN LA AGRICULTURA, DESDE LA COMPLEJIDAD AMBIENTAL.

En la agricultura se necesita del sistema social, económico y ecológico, es decir que se cruzan tanto poblaciones aledañas al cultivo, como el dinero que se obtiene y con el cual se pueden hacer mejoras que se verán beneficiados todas las comunidades y también los recursos naturales son indispensables en esta actividad los cuales podrán afectar las fuentes hídricas cercanas donde las comunidades satisfacen sus necesidades básicas.

En la siguiente figura se muestra la interacción de los sistemas social, económico y ecológico con la agricultura, pero se enfatiza en el sistema ecológico, en como a partir de la agricultura como actividad antrópica, el uso de los recursos abióticos y bióticos producen problemas ambientales.

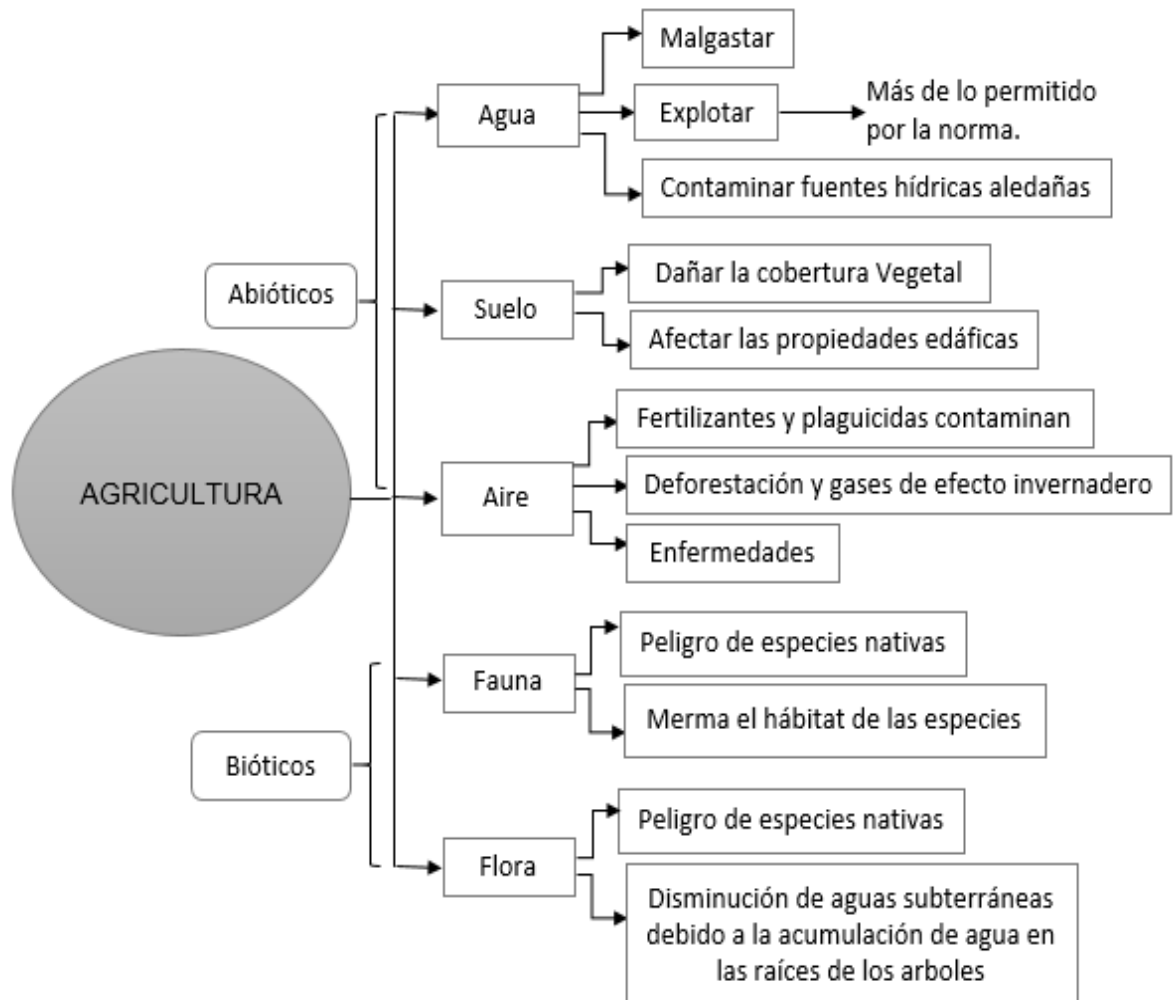
Gráfico 12. Mapa conceptual Agricultura vs problemáticas ambientales.



Fuente: Autoría propia.

A partir de las interacciones entre la agricultura y los sistemas abióticos y bióticos, se producen problemáticas ambientales que se muestran en la siguiente figura.

Gráfico 13. Problemáticas ambientales.



Fuente: Autoría propia.

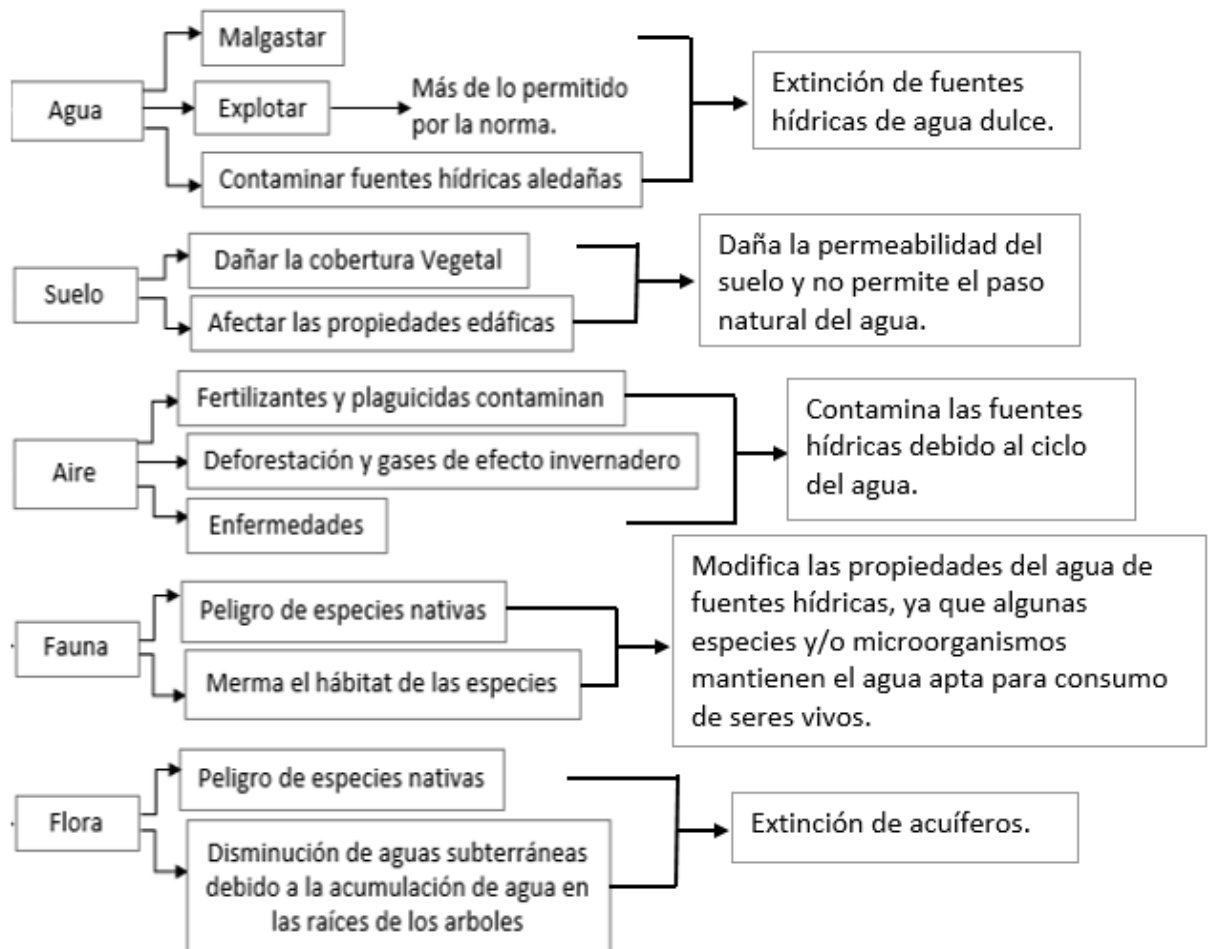
La agricultura causa un impacto ambiental muy fuerte, tanto al agua, suelo y aire como a la flora y a la fauna, sin contar los cambios que causa a las poblaciones aledañas por la contaminación de fuentes hídricas y la disminución de flora que en muchos casos abastece con comida y medicina a las comunidades.

La problemática ambiental al ciclo del agua a partir de la agricultura se ve en cualquier ámbito que se le mire, es decir no solo al contaminar fuentes hídricas y hacer una sobre explotación del recurso hídrico se afecta el ciclo del agua, la deforestación, el uso de pesticidas y el cambio de propiedades edáficas afectan el ciclo del agua, ya que por ejemplo las raíces de los arboles acumulan agua que luego se dirige a acuíferos y el cambio de propiedades edáficas provoca

salinización del suelo y de las fuentes hídricas aledañas. La teoría de sistemas y la complejidad ambiental se muestran a través del impacto ambiental de la agricultura en el ciclo del agua, ya que al momento de juntar y sumar cada problemática por pequeña que sea el daño ambiental es enorme, es decir que aunque a primera vista para un agricultor sea solo talar un árbol, la sumatoria de los impactos ambientales a problemáticas puntuales del medio ambiente, pueden generar daños significativos al planeta.

La agricultura es la actividad antrópica con el mayor porcentaje de huella hídrica en el mundo, esto hace que los cambios que se realicen en el proceso de un cultivo logra salvar miles de litros de agua, entonces si se practica la igualdad de tasa de uso igual a la tasa de compensación, el alimento que requiere el hombre no será el causante del agotamiento del recurso hídrico.

Gráfico 14. Problemáticas ambientales con respecto a la afectación al agua.



Fuente: Autoría propia.

A partir de las problemáticas ambientales vistas en la Figura 5, se guía cada problemática ambiental producida por la agricultura, hacia la afectación y problemas que generan en las fuentes hídricas aledañas, lo que muestra una teoría de sistemas clara en cuestión a un todo afectando a un entorno directa o indirectamente siempre se afectará de alguna manera todos los factores presentes en un hábitat.

La finalidad de identificar las problemáticas ambientales hacia el recurso hídrico, es mostrar que el sistema es una red de variaciones entre un factor y el otro, donde afectan al recurso de una manera u otra, directa o indirectamente.

Las proyecciones demográficas indican que en los próximos 25 años se va a requerir alimentos para 2-3 billones de personas adicionales. El agua se está considerando cada vez más como una limitación clave para la producción de alimentos, equivalente a (o más crucial que) la escasez de tierras. La irrigación agrícola es la responsable en la actualidad, de más del 70% de todas las tomas de agua (más del 90% de todo el uso de agua para consumo)<sup>36</sup>.

Los estudios analizados revelan que la Agricultura es en la actualidad la industria con más explotación del recurso hídrico, donde es clave la producción de alimentos para la sociedad, pero también el analizar que uso indebido se le da al agua en el proceso que conlleva el producir un alimento. Es por esto que la complejidad y la teoría de sistemas muestran, que al analizar cada factor en particular que conlleve al uso del agua, se puede modificar dando como resultado la posible reutilización del recurso en estos procesos y garantizar menos volumen de recurso hídrico necesario en la producción. Si todos los agricultores tuviesen la capacitación correcta de conocimiento de cada cuenca aledaña, de como un mal impacto afecta directamente al cultivo y por consiguiente las ganancias, se puede lograr un cambio en la mejoría de uso de recursos naturales, sin tener la necesidad de agotarlos indebidamente.

---

<sup>36</sup> CAP-NET, Planes de gestión integrada del recurso hídrico [sitio web] p.30. 2005 [Consultado 18, Octubre 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021381/PlanesdeGestion.pdf>

## 6. SISTEMAS SOCIO-ECOLÓGICOS PRESENTES EN LA GESTIÓN DEL AGUA Y LAS PRÁCTICAS DE AGRICULTURA EN ÁREAS RURALES.

La gestión del agua en la última década ha constituido una escasez hídrica socialmente construida, donde la diferencia de economía en la población hace más vulnerables a las comunidades de baja economía, donde estas comunidades se encuentran en áreas rurales, las cuales al momento de una catástrofe natural afectara en gran dimensión el poco porcentaje de recurso hídrico que llega hasta sus hogares.

“Teniendo esto en mente, se hace necesario con urgencia mejorar la comprensión de la escasez hídrica y las situaciones de vulnerabilidad que ésta provoca para comunidades rurales y urbanas. En este contexto, dicha comprensión del fenómeno precisa de una mirada interdisciplinaria, que responda a la complejidad del problema, considerando la interdependencia entre condiciones biofísicas y socioculturales”<sup>37</sup>.

El recurso hídrico presente en el planeta es limitado para el ser humano y el agua esta geográficamente mal distribuido, existen lugares que tienen abundante recurso mientras que otras viven en condiciones precarias sin una sola gota de agua en días, pero como si esto no fuese suficiente, el calentamiento global genera largas temporadas de sequía intensa en muchas regiones del mundo, en Colombia contamos con abundante recurso hídrico pero a pesar de esto, existen zonas del país donde la sequía que se presenta en verano es intensa a tal punto de tener un alto estrés hídrico.

La sociedad no reconoce la crisis hídrica que pasa en la actualidad, porque en las noticias no muestran la realidad de las industrias y su gestión del agua en sus procesos entonces no conocen que la agricultura es la industria con mayor huella hídrica en el mundo, que la ganadería es la mayor fuente de contaminación de gases de efecto invernadero. Si la sociedad conociese un poco más de los problemas que pasan con el recurso hídricos podrían cambiar hábitos al consumir menos carne y productos con mayor huella hídrica como el café, maíz y arroz, estos cambios desde casa lograrían grandes cambios en el porcentaje de agua que se destine a completar su ciclo y dejar a un lado la crisis hídrica.

El poco conocimiento de muchas comunidades rurales que viven de la agricultura, conlleva a una gestión inadecuada del agua y la energía necesaria para la cosecha del producto. La mayoría desconoce el daño causado a las especies nativas de flora y fauna, la contaminación al agua superficial y subterránea, al aire

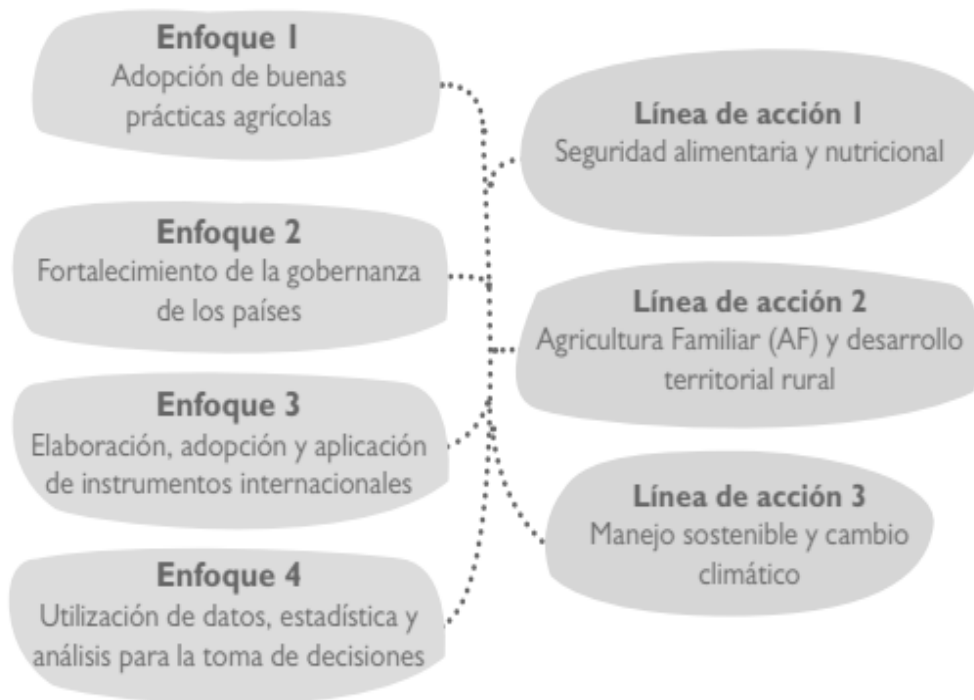
---

<sup>37</sup> GÓMEZ, Anahí y CADENAS, Hugo. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica [sitio web] sec. Búsqueda de artículos. 2015. [Consultado 30, Julio, 2018] Disponible en: <https://journals.openedition.org/orda/1774>

y al suelo derivada de los agroquímicos, y más allá desconocen las problemáticas ambientales derivadas de los mismos. La interdependencia de estos factores se evidencia en que estas problemáticas se magnifican o reducen al modificarse mutuamente. Por ejemplo crear integración positiva entre los actores presentes en una comunidad y los diferentes recursos ambientales para generar iniciativas productivas sostenibles; las personas (campesinos, funcionarios públicos y comerciantes), el dinamismo económico generado gracias al aumento de los ingresos por venta de cultivos y el adecuado manejo del recurso hídrico e insumos para generar un cultivo orgánico que permita la conservación del patrimonio natural, da como resultado un avance hacia la agricultura sostenible.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) realizó entre 2014 y 2015 una serie actividades y proyectos para fomentar la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe mediante una herramienta para fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional, con cuatro enfoques desarrollados en tres líneas de acción regionales.

Gráfico 15. Enfoques de la FAO



Fuente: FAO, Agricultura sostenible [sitio web] P.6. 2016 [Consultado 18, Octubre, 2018]  
 Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>

Uno de los proyectos a resaltar de la FAO para los agricultores es el proyecto de sistematización y difusión de buenas prácticas agrícolas, mediante dos plataformas virtuales WOCAT y TECA que han permitido a la FAO publicar más de 13 prácticas para la producción y conservación de recursos naturales

implementado en seis países de Latinoamérica, en el caso de Colombia se publicó el banco de forrajes, el cual se realizó en la ciudad de Pasto. Los propósitos de esta tecnología implementada en los cultivos de papa son los siguientes:

- Producir forrajes frescos en la finca para la alimentación de animales, en gran cantidad y calidad por unidad de área.
- Producir biomasa comestible de alto valor nutritivo y en cantidades apropiadas.
- Producir de manera sostenible.
- Mejorar integralmente las fincas.
- Reducir la presión sobre el suelo.
- Mantener cobertura del suelo.
- Incrementar la cobertura de plantas por hectárea y, por ende, la disponibilidad de alimento para los animales<sup>38</sup>.

En varios de los proyectos implementados por la FAO se ha fomentado la inclusión de las mujeres en las prácticas agrícolas, beneficiando el desarrollo de sus habilidades, destrezas y competencias, cumpliendo un rol importante dentro de la industria.

“De manera transversal, FAO ha potenciado el rol de las mujeres en el desarrollo rural y la participación de jóvenes y niños. Reconocer, recuperar e integrar prácticas tradicionales, en el desarrollo de tecnologías innovadoras y sustentables, también ha sido clave para el éxito de los proyectos”<sup>39</sup>.

La FAO ha estado presente en mejorar las condiciones de vida de familias enteras, llegando a poblaciones que a lo largo de los años se han visto afectadas por la pobreza, el hambre, el desplazamiento, la falta de oportunidades laborales, la discriminación y los conflictos armados. En estas condiciones para estas comunidades ha sido fundamental hacer un uso responsable de los recursos naturales para mejorar la seguridad alimentaria e integrar las actividades agrícolas sostenibles.

La agricultura ha generado empleo para miles de familias, ayudándolos a acceder a alimentos sanos y variados, también a aumentar sus ingresos familiares. De esta forma erradicar la pobreza y el hambre se logran también a través de la capacitación y la gobernanza local, brindando el correcto conocimiento para producir mejores productos, conservar el agua y generar mayor empleo en la agricultura. Todas estas lecciones son importantes en

---

<sup>38</sup> WOCAT, Banco de forrajes Colombia [sitio web] 2013 [Consultado 18, Octubre, 2018] Disponible en: <https://www.wocat.net/search/>

<sup>39</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO -, Agricultura sostenible: actividades 2014 - 2015 [sitio web] 2016 p.6 [Consultado 18, Octubre, 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>

torno al funcionamiento de los sistemas socio ecológicos en la agricultura y su interdependencia.

El desarrollo sostenible en la Agricultura exige la participación de marcos de gobernanza y financiación para realizar los proyectos con las comunidades rurales presentes en el lugar de implementación de tierras, lograr un seguimiento en las necesidades locales de la población.

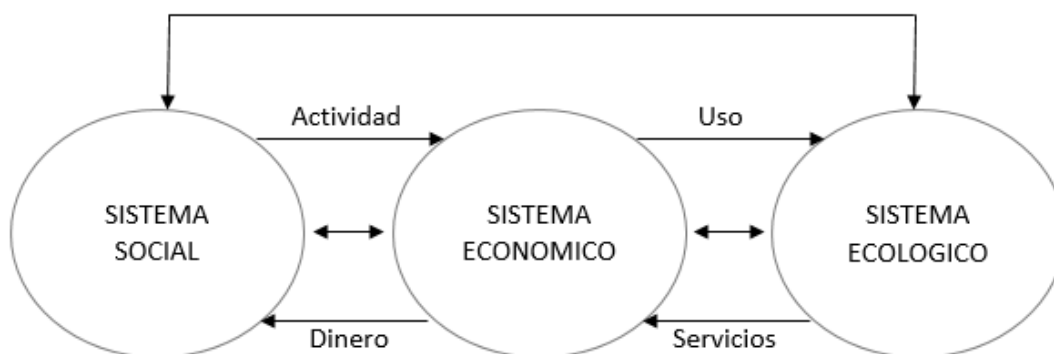
Con base a las experiencias de inclusión de género en Colombia, se recopilaron los datos y recomendaciones asociadas al uso de recursos naturales en poblaciones indígenas, para llevar a cabo una producción sostenible haciendo inclusión tanto de mujeres como de poblaciones indígenas presentes en la zona.



## 7. INTERACCIONES ENTRE LOS SISTEMAS SOCIALES, ECONÓMICOS Y AMBIENTALES PRESENTES EN LA GESTIÓN DEL AGUA PARA RIEGO EN PRÁCTICAS DE AGRICULTURA.

La resiliencia de la agricultura se ve en el comportamiento de los sistemas social, económico y ecológico, como uno afecta al otro directamente y como interactúan entre sí. En la siguiente figura se muestra las interacciones de los tres sistemas.

Gráfico 16. Interacción sistema social, económico y ecológico en la agricultura.



Fuente: Autoría propia

Estas interacciones son de vital importancia para entender cómo funciona un todo en cualquier actividad, lugar o relaciones, llegando a un equilibrio entre estos sistemas y buscar una sostenibilidad combinada con todos los sistemas.

Para lograr un equilibrio entre sistemas, entre personas, entre la naturaleza y el ser humano juntando sus intereses económicos, se requiere de autoridades competentes para lograrlo. Autoridades que controlen el uso, gestionen y modifiquen las posibles fallas de una finca, obteniendo un cultivo correctamente producido para volver a una sostenibilidad justa para todos.

Al momento de realizar una buena gestión del agua en la agricultura es decir optimizar el riego en los cultivos, la cantidad del agua que se puede ahorrar es representativa para las poblaciones aledañas. El uso eficiente del agua y ahorro de la misma posibilita contar con mayores recursos económicos para invertir.

Colombia es un país con abundante recurso hídrico en comparación con los demás países, el agua se llega a considerar un recurso renovable siempre y cuando su uso, tratamiento, liberación y circulación estén controlados, es decir que si en su proceso de reutilización se hace una mala gestión el recurso se agota de tal manera que la disponibilidad per cápita disminuye.

En Colombia la disponibilidad del agua per cápita se ha venido reduciendo más de 45% en los últimos 30 años según la Federación de Cafeteros<sup>40</sup>, este volumen pasó de 60 mil metros cúbicos por persona al año en 1985 a unos 32 mil en promedio en 2015, esto muestra que es necesario entre otros, la capacitación de los agricultores en la gestión adecuada del recurso hídrico en sus fincas.

En Colombia existe una subutilización de buenas tierras y campos para la agricultura y una mala financiación para cubrir las infraestructuras de las fincas para los sistemas de riego implementados. “Del total de sistemas de riego en Colombia solo el 14,3 % tiene un riego óptimo en sus cultivos”<sup>41</sup>. Es clave a la hora de implementar un sistema de riego en un cultivo conocer, el producto cultivado, el área del cultivo y el clima durante su cosecha, esto para optimizar el proceso de riego, por lo cual si se hace un uso correcto de riego el gasto de agua será el necesario para producir alimentos, ver tabla 8.

La agricultura es la industria con mayor consumo de agua en el mundo. De acuerdo a las Naciones Unidas<sup>42</sup>, el sistema de riego representa el 70% de las extracciones del recurso hídrico, mientras que la producción de alimentos en la agricultura consume aproximadamente el 30% de la energía mundial, que en su mayoría se produce de manera hidráulica.

Para alcanzar la meta de erradicar el hambre y la pobreza en el mundo, es necesario gestionar tanto la infraestructura de riego adecuada para el cultivo como desarrollar un estudio basado en la complejidad ambiental dirigido al recurso hídrico, esto con el fin de cambiar de una agricultura tradicional a una agricultura sostenible, teniendo en cuenta datos de sistemas de riego, energía consumida por producto cosechado, agua necesaria durante la obtención del producto final, las comunidades implicadas, la economía generada por parte de la agricultura, los entes gubernamentales encargados de la normatividad para llevar a cabo buenas prácticas de gestión del agua.

---

<sup>40</sup> Federación de Cafeteros, Disponibilidad de agua por persona se ha reducido más de 45% en los últimos 30 años en Colombia, [sitio web] sec. Sala de prensa. s.f. [Consultado 22, Octubre, 2018] Disponible en: [https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala\\_de\\_prensa/detalle/disponibilidad\\_de\\_agua\\_por\\_persona\\_se\\_ha\\_reducido\\_mas\\_de\\_45\\_en\\_los\\_ultimos\\_/](https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/disponibilidad_de_agua_por_persona_se_ha_reducido_mas_de_45_en_los_ultimos_/)

<sup>41</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO -, Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura en Colombia, [FAO] 2015 [Consultado 19, Octubre, 2018] Disponible en: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/COL/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/COL/indexesp.stm)

<sup>42</sup> ALIANZA EL HERALDO - UNIVERSIDAD DEL NORTE, La agricultura consume el 70% del agua en el mundo, [sitio web] s.f p.2 [Consultado 19, Octubre 2018] Disponible en: <https://www.uninorte.edu.co/documents/71261/0/La+agricultura+consume+el+70+porcentaje+del+agua+en+el+mundo/feb894a9-eca8-461f-9459-e5b0d81bdb66?version=1.0>

Tabla 8. Riego y drenaje en la Agricultura según la FAO

<b>Superficie potencial de riego</b>	-	7 600 000	ha
<b>Riego:</b>			
1. Superficie equipada para el riego con dominio total	2011	1 086 800	ha
- Riego por superficie		-	ha
- Riego por aspersión		-	ha
- Riego localizado		-	ha
• Superficie eq. para el riego con dominio total efectivamente regada	2011	394 000	ha
- % sobre la sup. equipada para el riego con dominio total		36	%
2. Zonas bajas equip. (humedales, fvi, agua de decrecidas, manglares)		-	ha
3. Riego por derivación de crecidas		-	ha
<b>Superficie total equipada para el riego (1+2+3)</b>	<b>2011</b>	<b>1 086 800</b>	<b>ha</b>
• % sobre la superficie cultivada	2011	32	%
• % regado con agua superficial		-	%
• % regado con agua subterránea		-	%
• % regado con agua mixta (superficial y subterránea)		-	%
• % regado con fuentes de agua no convencionales		-	%
• Superficie equipada para el riego efectivamente regada	2011	394 000	ha
- % sobre la superficie total equipada para el riego		36	%
• Incremento medio anual	1998-2011	1.5	%
• Superficie regada por bombeo como % de la superficie equipada		-	%
4. Humedales y fondos de valles interiores no equipados		-	ha
5. Sup. cultivada en áreas de decrecida de inundaciones no equipadas		-	ha
<b>Superficie total con gestión de agua agrícola (1+2+3+4+5)</b>	<b>2011</b>	<b>1 086 800</b>	<b>ha</b>
• % sobre la superficie cultivada	2011	32	%
<b>Explotaciones equipada para el riego con dominio total : Criterio:</b>			
Explotaciones en regadío pequeñas	< - ha	-	ha
Explotaciones en regadío medianas	> - ha y < - ha	-	ha
Explotaciones en regadío grandes	> - ha	-	ha
Número total de hogares que dependen del riego		-	
<b>Cultivos regados en superficies equipadas para el riego con dom. total:</b>			
Producción total de grano en regadío		-	t. métricas
• % sobre el total de la producción de grano		-	%
<b>Cultivos cosechados:</b>			
Superficie cosechada de cultivos regados total:	2011	524 000	ha
• Cultivos temporales: total	2011	487 000	ha
- Arroz	2011	245 000	ha
- Otros cereales	2011	35 000	ha
- Patatas	2011	9 000	ha
- Hortalizas	2011	27 000	ha
- Algodón	2011	1 000	ha
- Caña de azúcar	2011	168 000	ha
- Tabaco	2011	2 000	ha
• Cultivos permanentes: total	2011	37 000	ha
- Plátanos	2011	2 000	ha
- Café	2011	9 000	ha
- Cacao	2011	12 000	ha
- Frutales	2011	14 000	ha
Intensidad de los cultivos regados (sobre sup. efectivamente regada)	2011	133	%
<b>Drenaje – Medio ambiente:</b>			
Superficie cultivada drenada total	1998	96 950	ha
• Superficie cultivada no equipada para el riego drenada	-	-	ha
• Superficie equipada para el riego drenada	1998	96 950	ha
- % sobre la superficie equipada para el riego	1998	2.2	%
Superficie salinizada por el riego		-	ha
Superficie encharcada por el riego		-	ha

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO -, Sistema de información sobre el uso del agua en la agricultura en Colombia, [FAO] 2015 [Consultado 19, Octubre 2018] Disponible en: [http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries\\_regions/COL/indexesp.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/COL/indexesp.stm)

## 8. CONCLUSIONES

- La multiplicidad de procesos generados en la agricultura en Colombia, como la gestión del agua en los cultivos puede ser comprendidos desde las interrelaciones de sus componentes parte de la complejidad ambiental.
- Para realizar un adecuado análisis de las problemáticas ambientales que afectan el recurso hídrico en la agricultura es necesario tener en cuenta la interacción de los diferentes sistemas (biótico y abiótico), los cuales pueden generar una afectación directa o indirecta del mismo.
- Se considera que la agricultura en Colombia es una de las actividades económicas que guiarán y definirán la economía y el progreso del país en los próximos años, y por ende es necesario continuar los esfuerzos por mejorar las prácticas de gestión de recurso hídrico para lograr una agricultura sostenible.
- Para el estudio acertado de las problemáticas ambientales es necesario adaptar o revisar los estudios previos del lugar, respecto a las condiciones actuales del mismo.
- La Agricultura es la actividad antrópica con el mayor porcentaje de huella hídrica en el planeta respecto a la actividad industrial, doméstica y pecuaria. De acuerdo a las Naciones Unidas, el sistema de riego representa el 70% de las extracciones del recurso hídrico del mundo, en gran medida debido a los inadecuados sistemas de riego empleados. Los sistemas de riego deben seleccionarse de acuerdo al tipo de cultivo, el área demarcada para ser cultivada, el clima de la zona, así como la inversión para su implementación y mantenimiento.
- En Colombia la disponibilidad del agua por persona se ha venido reduciendo más de 45% en los últimos 30 años, es por esto que la gestión del agua dentro de la agricultura depende entre otros, de capacitar en el corto plazo a los agricultores en la buena gestión del recurso hídrico a partir de la escogencia correcta del sistema de riego y la interacción de los elementos de la complejidad ambiental.
- Los sistemas social, ecológico y económico, deben abordarse de manera integral para llegar a una agricultura sostenible, que tenga en cuenta y trabaje por el beneficio mutuo entre el ser humano, el factor económico y los recursos naturales.
- El apoyo de las organizaciones a los emprendimientos de mujeres ha generado capacidades, habilidades y destrezas en la mujer Colombiana, beneficiando su inclusión en prácticas de agricultura y empoderamiento en su entorno por la mejora de su economía familiar.

## **9. RECOMENDACIONES**

En este trabajo se encontraron vacíos en información de casos puntuales comparativos entre una agricultura tradicional y una agricultura sostenible, por lo que se recomienda realizar estudios en este campo de la mano de los gremios y las asociaciones de agricultores.

Se recomienda revisar en detalle las experiencias y bibliografía especializada en cultivo de café, ya que es el producto con mayor huella hídrica en Colombia según Arévalo Uribe, Diego, y además el más producido en el país.

Se recomienda hacer estudios en campo a la luz de los elementos de la complejidad ambiental, obtener datos en entornos ambientales y socioeconómicos caracterizados, para de esta forma dejar una base y evidencias de las interacciones entre las diferentes dimensiones de la complejidad ambiental presentes en la agricultura.

## BIBLIOGRAFIA

ACLIMATE COLOMBIA, ¿Qué es la Huella hídrica? [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Huella hídrica. 29 de Abril de 2014, [Consultado 16, Julio 2018] Disponible en: <http://www.aclimatecolombia.org/huella-hidrica/>

ALJURE LEÓN, Juan Pablo, Pensamiento sistémico: la clave para la creación de futuros realmente deseados [sitio web] s.f. P. 5 [Consultado 15, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://jmonzo.net/blogeps/psjpa1.pdf>

ALZATE, Alonso, Teoría general de Sistemas [sitio web] Bogotá D.C. CO. P.82. s.f [Consultado 05, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/57900/1/teoriageneraldesistemas.pdf>

AREVALO URIBE, DIEGO. Una mirada a la agricultura de Colombia desde su Huella Hídrica [sitio web] Bogotá D.C. CO 2012 [Consultado 20, Junio 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf](http://www.huellahidrica.org/Reports/Arevalo-2012-HuellaHidricaColombia.pdf)

ARNOLD, Marcelo y OSORIO, Francisco, Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas [sitio web] 3 de Abril 1998 [Consultado 05, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.redalyc.org/html/101/10100306/>

BECERRA, Alfredo, BRAVO, Xavier y MEMBRIVE, Victor. Huella hídrica y sostenibilidad del uso de los recursos hídricos [sitio web] Bogotá D.C. CO sec. Búsqueda documentos. 23 de Marzo de 2013 [Consultado 09, Julio 2018] Disponible en: <http://revistas.ucm.es/index.php/MARE/article/viewFile/42123/40102>

BERTALANFFY, Von Ludwing, Teoría general de los sistemas – 1ed: español 1976. 7ma reimp - México, D.F [sitio web] ISBN 968-16-627-2. p.10. 1986 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas-\\_fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf](https://cienciasyparadigmas.files.wordpress.com/2012/06/teoria-general-de-los-sistemas-_fundamentos-desarrollo-aplicacionesludwig-von-bertalanffy.pdf)

BUNGE, Mario. Sistemas sociales y filosofía, [sitio web] Bogotá D.C. CO. P.17. 1995 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/fcdfb0\\_sistemas-sociales-y-filos%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/fcdfb0_sistemas-sociales-y-filos%20(1).pdf)

CASAS PÉREZ, Diego Fernando y ROMERO FAJARDO, Jessica Alejandra, Alcance de la definición de la complejidad enfocada hacia el estudio de lo ambiental [sitio web] Bogotá D.C. CO. p,35. 2016 [Consultado 19, Octubre 2018] Archivo en pdf. Disponible en:

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/4220/1/CasasPerezDiegoFernandoRomeroFajardoJessicaAlejandra2016.pdf>

CAP-NET, Planes de gestión integrada del recurso hídrico [sitio web] P.30. 2005 [Consultado 18, Octubre 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021381/PlanesdeGestion.pdf>

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL GUAVIO CORPOGUAVIO. Plan de acción institucional 2016 – 2019, [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. PAC 2016 – 2019. 2016. P 116. [Consultado 10, Marzo 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.corpoguavio.gov.co/Portals/0/images/portal/2016/Plan%20de%20Accion%202016-2019/PA%202016-2019%20Corpoguavio%20Vive%20su%20Naturaleza.pdf?ver=2016-07-14-112054-077>

DEFINICION ABC. Definición de agricultura [sitio web] Bogotá D.C CO. s.f [Consultado 10, Mayo 2018] Disponible en: <https://www.definicionabc.com/general/agricultura.php>

ECICLONET. Sistema Social. [sitio web] Bogotá D.C CO. s.f [Consultado 10, Mayo 2018] Disponible en: <http://www.enciclonet.com/articulo/sistema-social/>

ECOTICIAS. Gestión Integrada de Recursos Hídricos [sitio web] Bogotá D.C CO. 30/01/18 [Consultado 10, Mayo 2018] Disponible en: <https://www.ecoticias.com/especial-agua-2017/131855/Gestion-integral-agua>

ECURED. Riego de los cultivos [sitio web] Bogotá D.C CO. s.f [Consultado 10, Mayo 2018] Disponible en: [https://www.ecured.cu/Riego\\_de\\_los\\_cultivos](https://www.ecured.cu/Riego_de_los_cultivos)

ECURED, Pensamiento sistémico [sitio web] Bogotá D.C CO s.f [Consultado 28 Mayo 2018] Disponible en: [https://www.ecured.cu/Pensamiento\\_sist%C3%A9mico#cite\\_note-1](https://www.ecured.cu/Pensamiento_sist%C3%A9mico#cite_note-1)

EL SABER. Análisis conceptual de la teoría general de sistemas (TGS) [sitio web] Bogotá D.C. CO s.f [Consultado 5, Marzo 2018] Disponible en: <https://www.elsaber21.com/wp-content/uploads/2017/01/TGS.pdf>

FAO, Agricultura sostenible [sitio web] 2016 P.6 [Consultado el 18 de Octubre de 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i5754s.pdf>

GALLARDO, Ivan, VARAS, Edmundo, MATAMALA, José, CABAS, Nestor, CLARET, Marcelino y MELIA, Jorge, Riego y Sustentabilidad agropecuaria, [sitio web] P. 45. 1994 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR16354.pdf>

Federación de Cafeteros, Disponibilidad de agua por persona se ha reducido más de 45% en los últimos 30 años en Colombia, [sitio web] sec. Sala de prensa. s.f. [Consultado 22, Octubre 2018] Disponible en: [https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala\\_de\\_prensa/detalle/disponibilidad\\_de\\_agua\\_por\\_persona\\_se\\_ha\\_reducido\\_mas\\_de\\_45\\_en\\_los\\_ultimos\\_/](https://www.federaciondecafeteros.org/clientes/es/sala_de_prensa/detalle/disponibilidad_de_agua_por_persona_se_ha_reducido_mas_de_45_en_los_ultimos/)

FUENTES, José, Técnicas de riego, [sitio web] P.68. 1999 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <file:///C:/Users/CAFE%20INTERNET/Downloads/Tecnicas-de-Riego.pdf>

GÁLVEZ LÓPEZ, J. Gestión del agua en la agricultura intensiva, [sitio web] P.10.15. s.f [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/\\$File/SA-C6.pdf](http://www.dipalme.org/Servicios/Anexos/anexosiea.nsf/VAnexos/IEA-SA-C6/$File/SA-C6.pdf)

GÓMEZ, Anahí y CADENAS, Hugo. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad hídrica [sitio web] sec. Búsqueda de artículos. 2015. [Consultado 30, Julio 2018] Disponible en: <https://journals.openedition.org/orda/1774>

HERALDO, La agricultura consume el 70% del agua en el mundo. [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Búsqueda documentos. 22, Marzo 2015, [Consultado 09 de Julio 2018] Disponible en: <https://www.elheraldo.co/economia/la-agricultura-consume-el-70-del-agua-en-el-mundo-188535>

JOHANZEN, Oscar, Introducción a la Teoría general de los Sistemas. [sitio web] México D.F: LIMUSA p.14. ISBN 968-18-1567-X, 1993. [Consultado 10, Marzo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Introduccion\\_\\_Teoria\\_General\\_Sistemas\\_\(Oscar\\_Johansen\).pdf](http://artemisa.unicauca.edu.co/~cardila/Introduccion__Teoria_General_Sistemas_(Oscar_Johansen).pdf)

LEFF, Enrique. La complejidad ambiental En: Revista de la Universidad Bolivariana [sitio web] Santiago, CHILE. Vol. 6. No. 16. 2007 p. 5,6,47. ISSN: 0717-6554 [Consultado 05, Marzo 2018]. Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30501605>

LOP, Alberto, Curso de riego para agricultores [sitio web] Bogotá D.C. CO. P.50,62. Marzo 2005 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://assets.wwf.es/downloads/curso\\_de\\_riego\\_definitivo.pdf](http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf)

MADDOX, Eric John. Sistemas complejos y gestión ambiental, México D.F. P. 20 [Consultado 20, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://eramx.org/biblio/SistemasComplejos\\_GesAmb\\_CBM.pdf](http://eramx.org/biblio/SistemasComplejos_GesAmb_CBM.pdf)



MINISTERIO DE AMBIENTE. Legislación del agua Normativa nacional para la administración y planificación ambiental del agua, [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2018 [Consultado 05, Marzo 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#resoluciones>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 4742 de 2005, [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2018 [Consultado 04, Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 3930. [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2010 [Consultado 04, Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 3440 DE 2004 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2004 [Consultado 04, Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 1900 de 2006 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2006 [Consultado 04 Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 1575 de 2007 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2007 [Consultado 04 Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 2570 DE 2006 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2006 [Consultado 4 de Junio 2018] Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=407:plantilla-gestion-integral-del-recurso-hidrico-14#decretos>

MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decreto número 1843 de 1991 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2018 [Consultado 04 Junio 2018] Disponible en:

[http://www.dadiscartagena.gov.co/images/docs/normatividad/decretos/decreto\\_1843\\_22\\_07\\_1991.pdf](http://www.dadiscartagena.gov.co/images/docs/normatividad/decretos/decreto_1843_22_07_1991.pdf)

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Ley 41 de 1993. [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 1993 [Consultado 04 Junio 2018] Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%2041%20de%201993.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL, Ley 607 de 2000 [sitio web] Bogotá D.C. CO. sec. Normatividad. 2000 [Consultado 04 Junio 2018] Disponible en: <https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/Ley%20607%20de%202000.pdf>

NESBITT, Christine, Gestión del agua para uso agrícola, [sitio web] sec. Documentos. p. 22. Agosto de 2016 [Consultado 30, Mayo 2018] Disponible en: [https://maintenance.ifad.org/documents/38714170/40237450/Scaling+up+note+on+agricultural+water+management\\_s.pdf/48fdd255-cce7-44de-a4db-5324b8d19db9](https://maintenance.ifad.org/documents/38714170/40237450/Scaling+up+note+on+agricultural+water+management_s.pdf/48fdd255-cce7-44de-a4db-5324b8d19db9)

OLIVARES, Elías, Sistemas económicos y modelos de economía moderna. Bogotá: Editorial Universidad Autónoma de Colombia, 2014. [sitio web] Bogotá D.C. CO. ISBN 978-958-8433-42-4 P.15. 2014 [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: [http://www.fuac.edu.co/recursos\\_web/documentos/publicaciones/publicaciones/descargalibros/TOMO3SISTEMASECOWP.pdf](http://www.fuac.edu.co/recursos_web/documentos/publicaciones/publicaciones/descargalibros/TOMO3SISTEMASECOWP.pdf)

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN  
ROMA, Género y sistemas de producción campesinos: lecciones de Nicaragua [sitio web] Roma. sec. Búsqueda de documentos. 2005. [Consultado 17, Octubre 2018] Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/008/y4936s/y4936s03.htm>

SANTILLANA, ¿Qué es un ecosistema ecológico?, [sitio web] Bogotá D.C. CO. p.33. s.f [Consultado 28, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.santillana.com.uy/pdfs/libroPDF1459.pdf>

SENGE, Peter, La quinta disciplina: el arte de la organización abierta al aprendizaje [sitio web] Buenos Aires : Granica 2005 p.13 ISBN 950-641-430-0 [Consultado 28 Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://www.jmonzo.net/blogeps/laquintadisciplina.pdf>

URQUIZA GOMEZ, Anahí y CADENAS, Hugo. Sistemas socio-ecológicos: elementos teóricos y conceptuales para la discusión en torno a vulnerabilidad

hídrica, [sitio web] sec. open edition books. 2015 [Consultado 05, Marzo 2018]  
Disponible en: <http://journals.openedition.org/ordea/1774>

USGS, [sitio web] USA. sec. wáter cycle. 2017 [Consultado 05, Marzo 2018]  
Disponible en: <https://water.usgs.gov/edu/watercyclespanish.html>

WOCAT, Banco de forrajes Colombia [pdf] 2013 [Consultado el 18, Octubre de 2018] Disponible en: <https://www.wocat.net/search/>

ZARATE, Héctor, MARTÍNEZ, Carlos y LÓPEZ, María Enfoque sostenible/complejo para la gestión integrada de territorios áridos con orientación agro productiva en México En: Revista Universidad y Sociedad. [Scielo] México mayo.-agosto. vol. 8 no. 02. 2016 p.4 ISSN 2218-3620 [Consultado 30, Mayo 2018] Archivo en pdf. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v8n2/rus26216.pdf>