

**Universidad Andina Simón Bolívar**

**Sede Ecuador**

**Área de Ambiente y Sustentabilidad**

Maestría de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo

## **Cultivos de cannabis, una aproximación a su impacto ambiental**

Diego Andrés Padilla Santana

Tutor: Fernando José Larrea Maldonado

Quito, 2024





## Cláusula de cesión de derecho de publicación

Yo, Diego Andrés Padilla Santana, autor de la tesis intitulada “Cultivos de Cannabis, una aproximación a su impacto ambiental”, mediante el presente documento de constancia de que la obra es de mi exclusiva autoría y producción, que la he elaborado para cumplir con uno de los requisitos previos para la obtención del título de Magíster de Investigación en Cambio Climático, Sustentabilidad y Desarrollo en la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador.

1. Cedo a la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador, los derechos exclusivos de reproducción, comunicación pública, distribución y divulgación, durante 36 meses a partir de mi graduación, pudiendo por lo tanto la Universidad, utilizar y usar esta obra por cualquier medio conocido o por conocer, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico. Esta autorización incluye la reproducción total o parcial en los formatos virtual, electrónico, digital, óptico, como usos en red local y en internet.
2. Declaro que, en caso de presentarse cualquier reclamación de parte de terceros respecto de los derechos de autor/a de la obra antes referida, yo asumiré toda responsabilidad frente a terceros y a la Universidad.
3. En esta fecha entrego a la Secretaría General, el ejemplar respectivo y sus anexos en formato impreso y digital o electrónico.

29 de marzo de 2024

Firma:  \_\_\_\_\_



## Resumen

La agricultura es uno de los sectores cuyas emisiones de gases de efecto invernadero y demanda de agua son de las más elevadas tanto a nivel nacional como global; del mismo modo, como actividad productiva es de las que más embates climáticos recibe y ha venido acarreado desde hace varias décadas. Actualmente, Ecuador trata de darle vida a un nuevo cultivo, el de cannabis, para consolidarse como un agroexportador a nivel mundial. Sin embargo, la evidencia señala que los cultivos de exportación no tradicionales han causado varios impactos socioambientales cuando no son manejados de forma adecuada y más aún cuando no se establecen parámetros normativos lo suficientemente rigurosos para evitar la maximización de impactos negativos. En este sentido, la presente investigación se ha propuesto evaluar la sustentabilidad del cultivo de cannabis partiendo de un análisis normativo e incluyendo indicadores de impacto ambiental y socioambiental que son la huella hídrica, huella de carbono, balance de carbono y resiliencia socioecológica [resiliencia agrícola]. Para ello se han seleccionado dos casos de estudio [empresa Alfa y empresa Beta] con prácticas agrícolas diferentes. Los resultados de la huella hídrica muestran una dinámica similar en los cultivos analizados, aunque es ligeramente mayor en la empresa Beta; sin embargo, la huella de carbono es mucho mayor en Alfa, a tal punto que por cada kilogramo de producción emite 11 veces más CO<sub>2</sub>eq que Beta. Dentro del balance de CO<sub>2</sub>eq, se determinó que el cultivo de Beta se comporta como un sumidero de CO<sub>2</sub>, mientras que en Alfa, una vez analizada su captura de CO<sub>2</sub> y su huella de carbono se ha determinado que es un emisor neto. Esto se debe al elevado consumo eléctrico de la empresa dado su nivel de tecnificación. Finalmente, el cálculo de la resiliencia socioecológica ha ubicado a las dos empresas en el mismo peldaño [resiliencia media], aunque es ligeramente mayor en Alfa por las prácticas que ha incorporado.

Palabras clave: huella hídrica, huella de carbono, balance de CO<sub>2</sub>, resiliencia socioecológica [resiliencia agrícola], cannabis.



## Agradecimientos

El apoyo de mi familia ha sido lo más importante en esta investigación. Agradezco a mi papá Juan, a mi mamá Mercedes y a mi hermana Valeria por acompañarme en esta etapa. A mis ancestros y a los microcosmos del hogar.

Agradezco a las empresas cannabicultoras Ananda, Greenscience y Phoenician Farm, así como también a su personal técnico, especialmente a Clever Guamaní, José Tupisa, María José Ortiz y Andrés Naranjo por permitirme desarrollar la investigación en sus instalaciones e ilustrarme dentro de este sector agrícola.

A mi maestro y tutor de Tesis, el Dr. Fernando Larrea, por guiarme y fomentar una investigación consciente y concreta.

Por último, le doy las gracias a la Universidad Andina Simón Bolívar, a todo su personal por darme la oportunidad de instruir en sus instalaciones y a la gente maravillosa que conocí en la institución.

Somos halcones en un vuelo eterno.



## Tabla de contenidos

Figuras y tablas .....	13
Introducción .....	15
1. Enfoque de la investigación.....	15
2. Breve historia del cannabis.....	17
Capítulo primero Normativa de regulación cannábica nacional .....	21
1. Evolución de la normativa cannábica de Ecuador.....	21
2. Detrás de su legalización .....	23
3. Análisis de sustentabilidad de la normativa actual.....	24
3.1. Componente ambiental .....	24
3.2. Componente socioeconómico .....	28
Capítulo segundo Pros y contras de la industria del cannabis.....	33
1. A nivel ambiental .....	33
2. A nivel social .....	34
3. A nivel económico.....	35
3.1. El caso de Colombia.....	35
3.2. La situación de Ecuador.....	36
4. A nivel industrial .....	37
Capítulo tercero Área de estudio y marco metodológico .....	39
1. Área de estudio .....	39
1.1. Descripción de cada cultivo .....	40
2. Marco metodológico.....	40
1.1. Huella hídrica .....	43
1.2. Huella de carbono.....	48
1.3. Balance de CO2 .....	50
1.4. Resiliencia socioecológica [resiliencia agrícola].....	51
Capítulo cuarto Análisis y discusión de resultados.....	55
1. Resultados.....	55
1.1. Huella hídrica de la empresa Alfa .....	55
1.2. Huella hídrica de la empresa Beta.....	56
1.3. Huella de carbono empresa Alfa .....	58
1.4. Huella de carbono empresa Beta .....	59

1.5.	Balance de CO2 empresa Alfa.....	59
1.6.	Balance de CO2 empresa Beta.....	61
1.7.	Resiliencia socioecológica de la empresa Alfa.....	63
1.8.	Resiliencia socioecológica de la empresa Alfa.....	67
2.	Discusión.....	71
2.1.	Huella hídrica de Alfa versus Beta.....	71
2.2.	Huella de carbono de Alfa versus Beta.....	72
2.3.	Balance de CO2 de Alfa versus Beta.....	74
2.4.	Resiliencia socioecológica de Alfa versus Beta.....	74
2.5.	Impacto nacional.....	77
	Conclusiones y recomendaciones.....	79
	Conclusiones.....	79
	Recomendaciones.....	80
	Obras citadas.....	83
	Anexos.....	91
	Anexo 1: Artículo 23 de la Convención única sobre estupefacientes de 1961.....	91
	Anexo 2: Requerimientos de superficie por cada licencia.....	92
	Anexo 3: Cultivo aislado bajo invernadero [empresa Alfa].....	93
	Anexo 4: Cultivo a campo abierto [empresa Beta].....	93
	Anexo 5: Configuración de la fórmula FAO-Penman-Montieth.....	94
	Anexo 6: Configuración de la ecuación FAO-AGLW.....	94
	Anexo 7: Uso de SPAW.....	95
	Anexo 8: Resultado del análisis físico del suelo de la empresa Beta.....	95
	Anexo 9: Determinación de la textura con la jarra de Mason.....	95
	Anexo 10: Criterio de evaluación de cada indicador.....	96
	Anexo 11: Modelo de cálculo para determinar de la huella hídrica azul [empresa Alfa].....	99
	Anexo 12: Modelo de cálculo para determinar la huella hídrica gris [empresa Alfa].....	99
	Anexo 13: Huella hídrica total de la empresa Alfa.....	100
	Anexo 14: Resultados de la precipitación efectiva de Cropwat.....	100
	Anexo 15: Ejemplo de cálculo huella hídrica verde [empresa Beta].....	101
	Anexo 16: Cálculo de la huella hídrica azul [empresa Beta].....	102
	Anexo 17: Cálculo de la huella hídrica agrícola total [empresa Beta].....	102
	Anexo 18: Cálculo de captura de CO2 [empresa Alfa].....	103
	Anexo 19: Ejemplo de balance de CO2 [empresa Alfa].....	104

Anexo 20: Cálculo de captura de CO2 [empresa Beta] .....	104
Anexo 21: Ejemplo de balance de CO2 [empresa Alfa] .....	105



## Figuras y tablas

Figura 1. Estructura de la investigación .....	16
Figura 2. Origen y domesticación del cannabis.....	18
Figura 3. Países que permiten el uso médico o recreativo del cannabis.....	20
Figura 4. Irrupción de la sustentabilidad ambiental en la normativa cannábica.....	26
Figura 5. Disminución de la sustentabilidad socioeconómica en la normativa cannábica .....	30
Figura 6. Cadena de valor de la producción cannábica .....	37
Figura 7. Sitios de estudio .....	39
Figura 8. Indicadores evaluados .....	41
Figura 9. Porcentaje de cada componente de la HH de la empresa Alfa.....	56
Figura 10. Distribución de lluvias del cultivo .....	56
Figura 11. Porcentaje de cada componente de la HH de la empresa Beta .....	57
Figura 12. Evaluación de la HC por cada fuente de la empresa Alfa.....	58
Figura 13. Evaluación de la HC por cada fuente de la empresa Beta.....	59
Figura 14. Balance de CO2 por componente [empresa Alfa].....	61
Figura 15. Balance de CO2 por componente [empresa Beta] .....	62
Figura 16. Valoración de los indicadores de vulnerabilidad de la empresa Alfa .....	64
Figura 17. Valoración de los indicadores de capacidad de respuesta de la empresa Alfa .....	66
Figura 18. Riesgos agrícolas de la localidad de la empresa Beta .....	67
Figura 19. Valoración de los indicadores de vulnerabilidad de la empresa Beta.....	69
Figura 20. Valoración de los indicadores de capacidad de respuesta de la empresa Beta .....	70
Figura 21. Comparación de la huella hídrica de Alfa y Beta .....	71
Figura 22. Comparativa de emisiones de la empresa Alfa y Beta.....	73
Figura 23. Comparativa del balance de CO2.....	74
Figura 24. Resumen de indicadores de explicación corta .....	77
Tabla 1. Indicadores empleados para la estimación de la vulnerabilidad .....	52
Tabla 2. Indicadores empleados para la estimación de la capacidad de respuesta.....	52
Tabla 3. Indicadores adicionales para la estimación de la capacidad de respuesta.....	53
Tabla 4. Evaluación final de resultados.....	53

Tabla 5. Huella hídrica de la empresa Alfa .....	55
Tabla 6. Huella hídrica de la empresa Beta .....	57
Tabla 7. Huella de carbono de la empresa Alfa.....	58
Tabla 8. Huella de carbono de la empresa Beta .....	59
Tabla 9. Captura de CO2 de la empresa Alfa.....	60
Tabla 10. Balance de CO2 de la empresa Alfa.....	60
Tabla 11. Captura de CO2 de la empresa B .....	61
Tabla 12. Balance de CO2 de la empresa Beta.....	62
Tabla 13. Medición de la vulnerabilidad de la empresa Alfa.....	63
Tabla 14. Medición de la capacidad de respuesta de la empresa Alfa .....	65
Tabla 15. Evaluación total de la empresa Alfa.....	67
Tabla 16. Medición de vulnerabilidad de la empresa Beta.....	68
Tabla 17. Medición de la capacidad de respuesta de la empresa Beta .....	69
Tabla 18. Evaluación total de la empresa Beta.....	71

## Introducción

### 1. Enfoque de la investigación

La presente investigación nace a raíz de los impactos socioambientales derivados de la agricultura convencional. Para tenerlo claro, según la FAO (2002) la agricultura es responsable por la pérdida de calidad de suelo cultivable debido a procesos de salinización y pérdida de funcionalidad frente a los ciclos biogeoquímicos. Del mismo modo, se estima que este sector ha causado el 80 % de la deforestación mundial, mientras que a nivel de Latinoamérica representa la pérdida de 2/3 de bosques (Kissinger, Herold, y De Sy 2012, 6). En cuanto a consumo de agua y emisiones de GEI se ha determinado que asciende a 2/3 del agua consumible (FAO 2002) y 30 % de CO<sub>2</sub>eq (Bermejo 2010) a nivel mundial respectivamente.

En el ámbito ecuatoriano, la situación es similar a la que marca el panorama mundial. El uso de agroinsumos causa una huella de carbono elevada y el consumo de agua dulce del sector asciende al 81 % de la demanda nacional, debido a la escasa tecnificación de los productores, lo que no solo acarrea un gasto hídrico sino también su contaminación por el uso excesivo de insumos (FLACSO, MAE, y PNUMA 2008, 14). Por otro lado, la frontera agrícola se ha venido expandiendo desde mediados del siglo 20 con una marcada notoriedad en la Amazonía, influenciada también por el ingreso de grupos religiosos y colonizadores (Sierra, Calva, y Guevara 2021, 26).

Hoy por hoy, uno de los retos a los que se expone el país es lograr una agricultura climáticamente inteligente con un impacto ambiental bajo y una modernización tecnológica que permita optimizar recursos para disminuir la contaminación, tal y como manifiesta la Contribución Nacional Determinada. En este punto, la reciente aprobación del reglamento cannábico puede jugar un rol fundamental en cuanto al aumento o disminución del impacto agrícola, incluso podría desmarcarse de otros cultivos no convencionales como las rosas o el brócoli cuyos perjuicios socioambientales han dejado secuelas en las localidades en las que se asientan.

A fin de esclarecer la dinámica socioambiental de los cultivos de cannabis, el estudio aborda la estructura detallada en la figura 1.

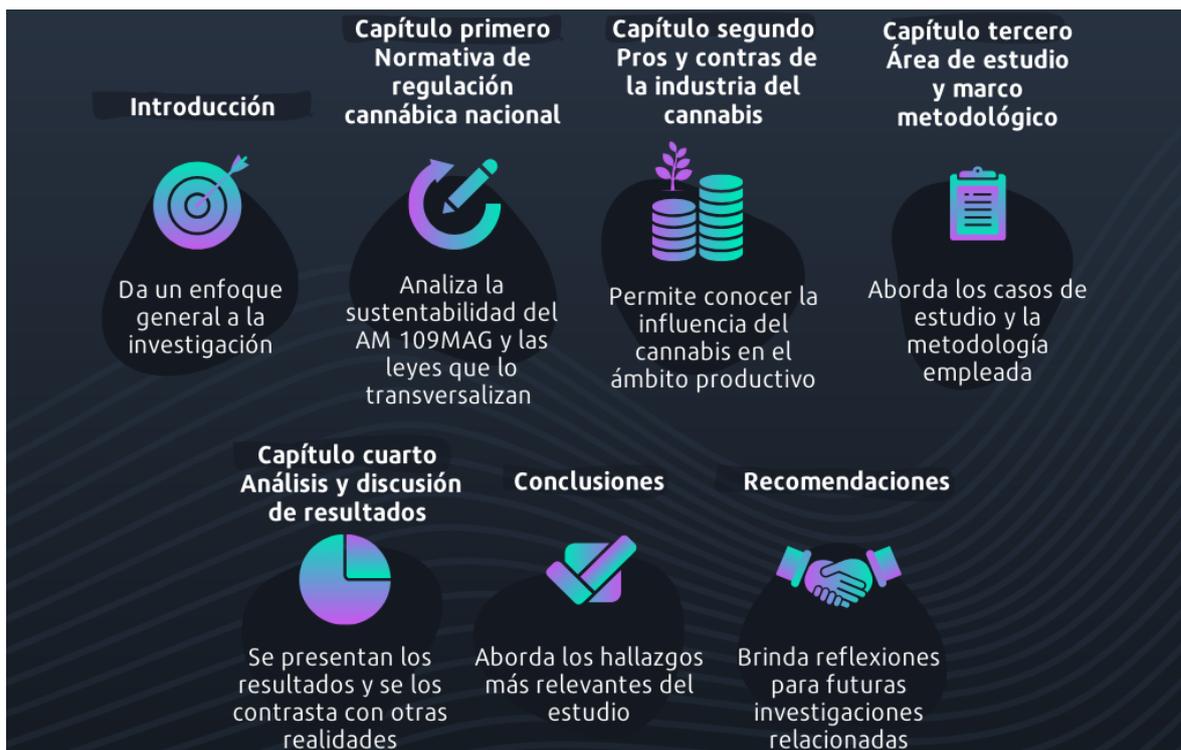


Figura 1. Estructura de la investigación  
Fuente y elaboración propias

Los lineamientos expuestos en la figura 1, a su vez han permitido solventar el objetivo de investigación principal que consiste en caracterizar el impacto ambiental de los cultivos de cannabis no psicoactivos de las zonas de estudio. Para ello se han establecido 3 objetivos específicos que consisten en la medición de diferentes indicadores. El primero, insta a calcular la huella hídrica y de carbono de un ciclo de cultivo de cannabis por unidad de área y de producción, identificando los procesos que más inciden en su cuantificación. El segundo, implica determinar el balance de CO<sub>2</sub> de un ciclo de cultivo de cannabis considerando su capacidad de absorción y su huella de carbono. Finalmente, con el objetivo restante se va a determinar la resiliencia socioecológica de un ciclo de cultivo en los sistemas productivos analizados.

Para el estudio presente, fueron seleccionadas dos empresas cannábicas con cultivos emergentes que aceptaron a apoyar a la investigación. Esto permitió realizar un análisis comparativo dado que poseen diferentes técnicas de siembra y manejos de cultivo; a más de ello, se encuentran en distintas ubicaciones, con condiciones socioambientales diferentes, lo que repercute en los indicadores analizados [se describe rápidamente cada cultivo en el capítulo 3]

La presente investigación para su ejecución enfrentó varios retos, entre ellos el más común reportado por licenciarios fue la falta de acceso a la semilla certificada, lo cual retrasaba su plan de cultivo y por ende no se los pudo hacer partícipes del estudio. Por otro lado, existieron licenciarios que a pesar de tener sus papeles en regla desconocían el manejo del cultivo y por ello no sabían cómo proceder con la siembra. Uno de los motivos principales por el que no se sumaron más productores a la investigación fue su reserva profesional ya que pretendieron colocar condiciones muy estrictas acorde a su lógica.

## **2. Breve historia del cannabis**

El género cannabis pertenece a la familia Cannabaceae, cuya única especie se denomina *Cannabis sativa*, mientras que sus subespecies más conocidas son *Cannabis sativa sativa*, *Cannabis sativa indica*, *Cannabis sativa ruderalis* y *Cannabis sativa afgánica* (McPartland, Clarke, y Watson 2000, 13).

A nivel geográfico el cannabis es originario de Asia Central donde fue domesticado hace más de 5000 años en Mongolia y el sur de Siberia (Leal et al. 2018), sin embargo, otros estudios señalan que su domesticación pudo haberse dado de forma simultánea en varios sitios, es por ello que se han encontrado evidencias arqueobotánicas en la estepa euroasiática que datan de 3000 y 6000 años antes de la era común [AEC] (Vásquez 2021, 190). La figura 2 ilustra los orígenes del cannabis y sus posibles sitios de domesticación.

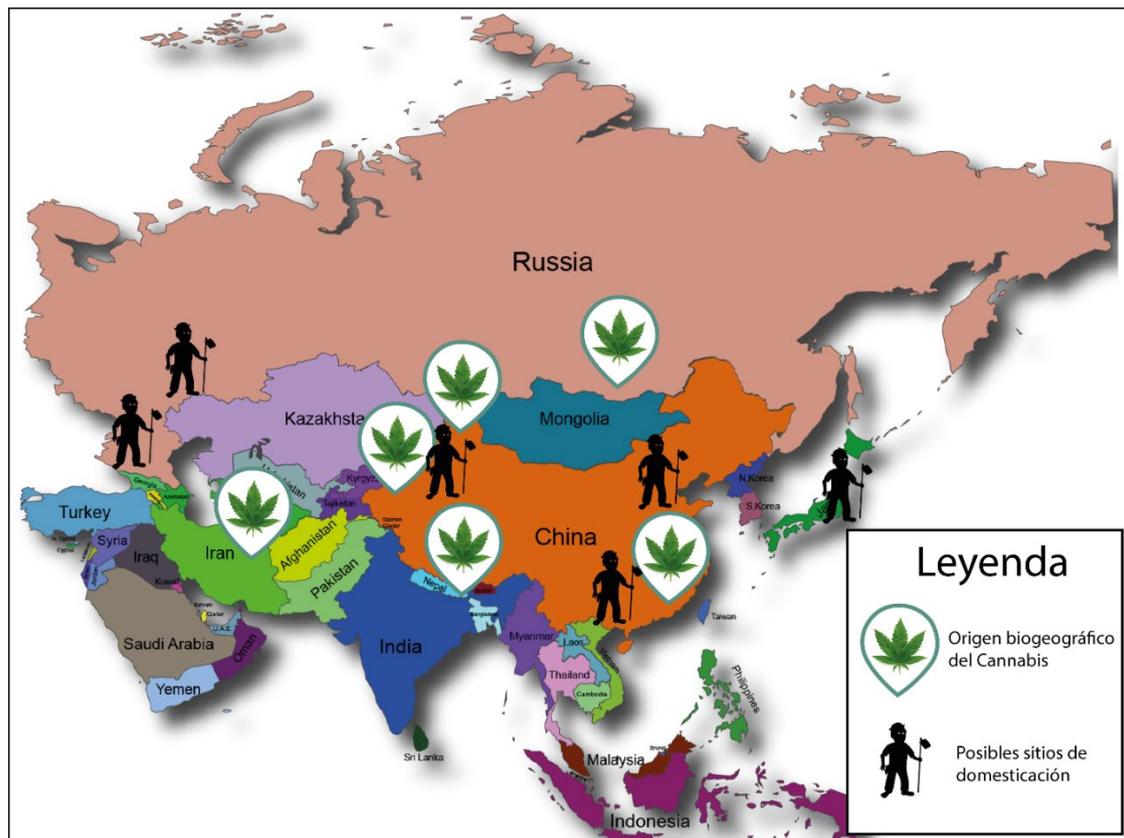


Figura 2. Origen y domesticación del cannabis  
 Fuente: Vásquez (2021). Elaboración propia

A raíz de su domesticación, fue empleado de diferentes maneras hace más de 5000 años en la manufactura primigenia de cuerdas, papel, medicamentos, insumos alimenticios e incluso recreativos y espirituales (Leal et al. 2018). Sin duda los logros más significativos del cannabis se han dado en la medicina, así por mencionar algunos puntos importantes, los códigos chinos ya la señalaban en su literatura alrededor del 2727 [AEC]. Los escritos judeocristianos de unos cuantos siglos antes de la era común, entre ellos la biblia, hablaban sobre aceites y ungüentos curativos a base de cannabis (Bennett 2022, 20). Posteriormente, alrededor del 980 EC, el médico de Avicena incluyó al cannabis en su compendio el Canon de la Medicina (Zuardi 2006, 2).

Una vez extendido por todo el continente asiático y Europeo, el cannabis llegó de forma oficial a América a través de Cristóbal Colón, ya que la velas y cuerdas de los navíos e incluso los ropajes de los colonizadores fueron elaborados a base de cáñamo, también trajeron consigo semillas para alimentarse durante su travesía (Beckonert 2022). Sin darse cuenta, contribuyeron a su domesticación en este hemisferio del planeta.

En Canadá en la localidad de Nueva Escocia, el cannabis fue introducido en 1617 por Louis Hébert, uno de los primeros boticarios del país que realizó investigaciones en

varias plantas (Marin 2012, 1). En México en el siglo 18 la comunidad Jesuita fue la encargada de hacer promoción de salud en cuanto a los beneficios del cannabis (García 2010 en Leal et al. 2018). A mediados del siglo 19 en Estados Unidos de América [EE. UU.] se introduce al cannabis en la tercera edición de farmacopea, reconociendo sus perjuicios y beneficios (United States Pharmacopoeial Convention 1820).

Desde mediados del siglo 19 hasta los inicios del 20 la comercialización de medicamentos cannábicos se daba de forma libre y sin necesidad de receta en farmacias de EE. UU. y México (Astorga 2015 en Leal et al. 2018). Por otro lado, el uso de marihuana de forma recreativa empezó a ser asociada con conductas poco saludables y delictivas principalmente desatadas en barrios pobres y afroamericanos. Por tal motivo, en 1937 EE. UU. endureció sus políticas para el cannabis en todo sentido ya sea para fines industriales, medicinales o recreativos con lo que prácticamente inició su ilegalidad (Atlas 2021). A esta legislación anticannábica también se le suma México (Leal et al. 2018) y por añadidura se empezó a expandir por el resto del continente americano.

Posteriormente, con el aumento de investigaciones en el uso del cannabis durante 1990 y el descubrimiento del sistema endocannabinoide a nivel cerebral, se dio inicio a una nueva etapa respecto a su legislación (Zuardi 2006, 1); es así, que activistas, médicos y científicos ejercieron presión para despenalizar su uso y legalizarlo por lo menos de forma medicinal. A partir del año 2000, nueve estados de EE. UU. así lo hicieron y pasada la década del 2010 se sumaron otros e incluso reformularon sus legislaciones para aprobar su uso recreativo (Zuleta et al. 2021, 15).

Uno de los hitos más importantes es el de Uruguay, al convertirse en el primer país del mundo en crear una normativa completa sobre el uso recreativo del cannabis y su ejemplo sirvió para que otras naciones lo regulen de forma médica. Al día de hoy 8 naciones de Sudamérica lo han hecho, entre ellas Ecuador. Con corte en el 2021, son más de 40 países en los que el uso medicinal del cannabis es legal (Merino 2021), como se ilustra en la figura 3.

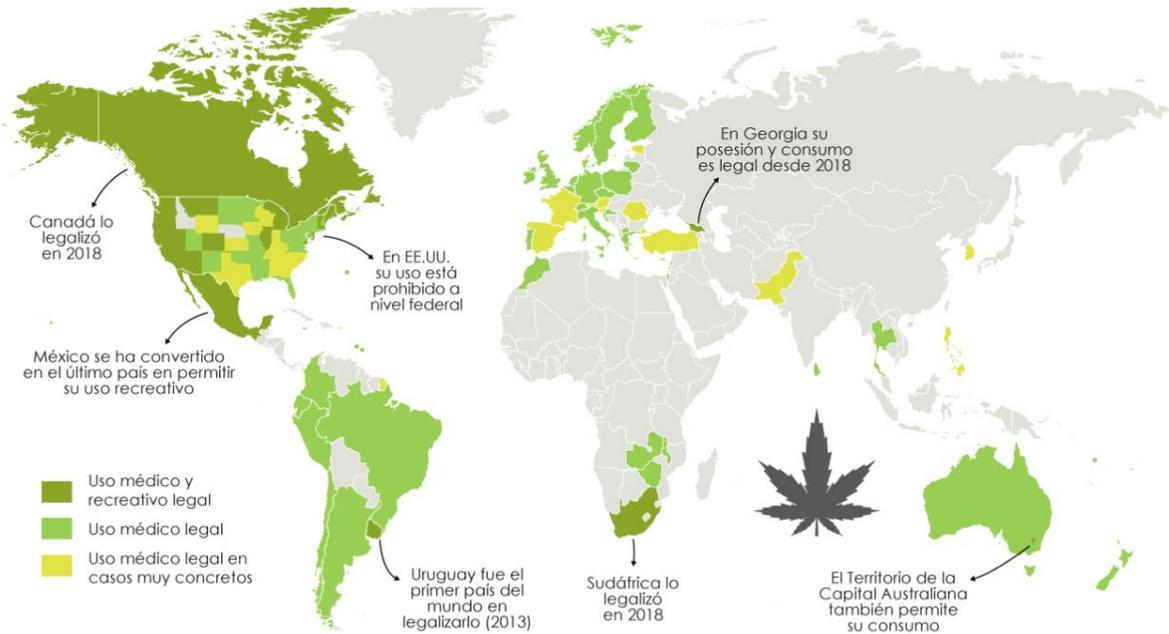


Figura 3. Países que permiten el uso médico o recreativo del cannabis

Fuente y elaboración: Merino (2021)

Para terminar de entender la evolución legislativa del cannabis se tiene que mirar hacia Estados Unidos que fue el caudillo inicial de su prohibición y lo hizo de forma estratégica para continuar con la discriminación y menosprecio de grupos vulnerables, entre ellos latinos, migrantes y afroamericanos (Zuleta et al. 2021, 17). De hecho, en uno de los testimonios del jefe de política del expresidente Nixon [John Ehrlichman], este manifiesta que la propaganda para asociar la imagen de diversos colectivos con el cannabis dentro de la lucha contra las drogas se dio para destruir a las comunidades que exigían paz social y mayor justicia en cuanto a derechos (Atlas 2021). Ahora, los procesos que se vienen dando para legalizar al cannabis, más responden a que la salud pública se enmarca en una lógica capitalista, ya que esta planta se constituye en un *commodity* más, en donde lo que menos importa es el bienestar de los usuarios, las tierras que se explotan o la biodiversidad circundante que potencialmente se afecta por las actividades agrícolas.

## **Capítulo primero**

### **Normativa de regulación cannábica nacional**

#### **1. Evolución de la normativa cannábica de Ecuador**

En 1961 la Organización de Naciones Unidas desarrolló la Convención única sobre estupefacientes, a la que Ecuador se adhirió en 1964 (Presidencia Ecuatoriana 1970, 1), posteriormente esta se sometió a una enmienda en 1972. Tanto el texto de 1961 como el de 1972 presentan contradicciones en lo que respecta a cannabis, inicialmente se menciona que el único fin legal al que puede estar destinado el cannabis es a la investigación científica en el artículo 22 (Organización de Naciones Unidas 1972, 30); por otro lado el artículo 28 señala que la convención no se aplicará al cannabis destinado a fines industriales (34); finalmente en el artículo 49 se manifiesta que todo uso del cannabis que no sea médico o científico deberá cesar en un periodo de 25 años después de que el convenio haya entrado en vigor (48), este último es el que más contrasta porque sentencia el tiempo máximo de las actividades industriales en las que pudo haber intervenido esta planta.

En noviembre de 1970, Ecuador alineándose a la convención única de estupefacientes publica la Ley de control y fiscalización del tráfico de estupefacientes en la que da a entender su régimen prohibicionista sobre el cannabis vetando su cultivo a nivel nacional, a partir de ese momento el Departamento Nacional de Estupefacientes es el único que puede autorizar a instituciones especializadas la investigación científica en las plantas sometidas a fiscalización, entre ellas el cannabis (Presidencia Ecuatoriana 1970, art. 12-33). Pese a ello, se realizaron investigaciones científicas en cannabis durante esa época, aunque de forma escasa.

Ecuador durante el mandato de Guillermo Rodríguez Lara, modifica y deroga su ley de estupefacientes de 1970, pasando a consolidar la Ley de control y fiscalización del tráfico de estupefacientes y sustancias psicotrópicas que no transformó sustancialmente al texto original, sin embargo, presentó un endurecimiento a nivel de sanciones (Presidencia Ecuatoriana 1974, art. 1-27).

A inicio de la década de los 90 bajo el discurso internacional de la guerra contra las drogas, el país presenta la Ley de sustancias estupefacientes y psicotrópicas,

caracterizada por ser una de las más severas y estrictas de la región [en su tiempo] con penas privativas bastante altas (Paladines 2015,7). En cuanto al cannabis, esta ley mantiene el postulado de prohibición de su cultivo a nivel nacional y para cualquier otro tipo de uso o extracción de principios activos, sin embargo, se dio cierta apertura para la investigación por institutos autorizados a través de permisos concedidos por el consejo directivo del CONSEP [Consejo Nacional de Control de Sustancias Estupefacientes y Psicotrópicas] (Congreso Ecuatoriano 1990, art. 43).

Durante los inicios del 2000 la situación normativa del cannabis se mantuvo prácticamente constante, hasta que en el año 2016 se emite el decreto 951, que se constituye en el Reglamento a la Ley orgánica de prevención integral del fenómeno sociológico de las drogas. Del texto normativo se destaca la apertura a la siembra, procesos agrícolas, industriales, científicos y médicos de plantas con principios activos sujetos a fiscalización (Presidencia Ecuatoriana 2016, art. 38-43).

Otro hito cannábico importante se registra en el 2019 con la modificación a la Ley orgánica de prevención integral del fenómeno sociológico de las drogas [no confundir con el decreto 951] en la que se hizo por primera vez en la historia legislativa de Ecuador la distinción entre el cannabis psicoactivo del no psicoactivo, siendo este último aquel cuyo contenido de THC es inferior al 1 %, pasando este a estar bajo la autoridad agrícola nacional (Asamblea Nacional de Ecuador 2020, 16). En ese mismo año se despenalizó el uso de cannabis o fármacos derivados con su principio activo [delta 9 tetrahidrocannabinol] para fines paliativos, terapéuticos o de medicina alternativa siempre y cuando se demuestre la pertinencia de su uso a través de un diagnóstico profesional (Asamblea Nacional de Ecuador 2021, art. 220).

En los últimos años la legislación nacional sobre el cannabis ha evolucionado con rapidez. En octubre del 2020, se emitió el acuerdo ministerial 109 del Ministerio de Agricultura y Ganadería [Am 109 MAG] que de forma resumida es el reglamento para la producción, siembra y comercialización del cannabis no psicoactivo (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2020, 3), que en sus parámetros es exactamente igual a lo expuesto en el artículo 23 de la Convención única sobre estupefacientes de 1961 [Anexo 1]. Al año siguiente se expidió el acuerdo ministerial 148 del ministerio de salud que reglamenta el uso terapéutico, prescripción y dispensación del cannabis medicinal y productos que contienen cannabinoides (Ministerio de Salud Pública 2021, art. 1-5); de ella se destaca que hace una distinción normativa entre los fármacos que contiene menos

de 1 % de THC y los que contienen 1 o más porcentaje de ese cannabinoide, siendo menos rigurosa para los de menor cantidad de THC.

## **2. Detrás de su legalización**

Mucho antes de la llegada del Acuerdo Ministerial 109 del MAG sobre la regularización del cáñamo ya existían colectivos y microproductores que elaboraban diferentes productos a base de la planta. Según Escalante (2020, 6) cuatro generaciones de activistas cannábicos se vieron desplazados por la aparición de lobbies industriales que se encargaron de acaparar medios de información y se consolidaron como la imagen visible de la lucha por la legalización. Las OSC [Organizaciones de la Sociedad Civil] prolegalización y de microproductores fueron menospreciadas, sin la oportunidad de regularizar sus medios de vida a causa del nuevo monopolio agrícola.

Del mismo modo, durante la pandemia del covid 19, las florícolas nacionales registraron pérdidas por problemas de exportación de 100 millones de dólares aproximadamente, haciendo que este sector busque una reconversión productiva de sus tierras hacia un producto con una diversidad de usos como es el cannabis. El representante de Expoflores ha mencionado que el interés de las florícolas por el cannabis no es nuevo, puesto que en países como Estados Unidos o Canadá las florícolas han tomado el control del cultivo, por lo tanto, es esperable que suceda lo mismo en Ecuador (Sebastián Angulo 2020); lo que implica que este sector haya sido uno de los principales interesados y promotores de la legalización de los cultivos cannábicos, considerando además que cuentan con la infraestructura necesaria y la cantidad mínima de tierra que estipula la normativa [Anexo 2].

Para tenerlo claro, el agronegocio de las flores dista de ser el más ecoamigable, ya que desde sus inicios aceptó los paquetes tecnológicos de la revolución verde altamente demandantes de insumos químicos. Véase el análisis de Breilh et al. (2005, 76) en el que reporta que en el valle florícola agroindustrial de Cayambe el sistema hídrico se encuentra contaminado por químicos asociados a las florícolas y su concentración aumenta coincidiendo con los días de mayor productividad en las fincas y también en festividades de importancia económica para la industria como el día de san Valentín; en general, la percepción organoléptica del agua [olor sabor y color] de la cuenca causa malestar a los pobladores del lugar. Dentro del mismo estudio, en lo que respecta a la salud se determinó la presencia de mujeres embarazadas en actividades que las ponen en contacto con

insumos químicos potencialmente peligrosos, también se ha identificado que las jornadas de trabajo son extenuantes, casi carentes de descansos, lo que ha conllevado a los trabajadores a presentar problemas musculoesqueléticos debido a que no se consideran medidas ergonómicas y de protección a los trabajadores (Breilh et al. 2005, 79).

Entiéndase que los problemas socioambientales fueron en buena parte a consecuencia de que Ecuador a mediados de la década de los 80 adoptó parcialmente un modelo neoliberal que incentivó la exportación de productos no tradicionales [como las rosas por ejemplo] para diversificar las mercancías nacionales en la economía mundial (Larrea 2022, 191). Sin embargo este proceso benefició a los empresarios más acaudalados a costa de la precarización laboral y el detrimento de la agricultura de pequeña escala (Guerra 2012, 37); a más de ello también habría que añadirle los problemas ambientales poco conocidos en la época. Actualmente la nación también busca diversificar sus productos a causa de la nueva lógica de la economía mundial, el cannabis es tan solo una de las mercancías nuevas que pretende presentar ante el mundo, pero si los procesos económicos, administrativos o industriales no se ejecutan con responsabilidad, los pasivos en materia de seguridad, salud y ambiente se evidenciarán en la colectividad, tal y como sucede con las florícolas.

El agronegocio del cannabis a pesar de no tener reglas ambientales escritas o claras deja la puerta abierta para que las industrias que en otrora se consolidaron como fuentes de problemas socioambientales decidan si desean cambiar sus prácticas para tornarse sustentables y socialmente responsables.

### **3. Análisis de sustentabilidad de la normativa actual**

Primero, entiéndase por sustentabilidad la capacidad de producir bienes o servicios asegurando la permanencia de los recursos [suelo, agua, aire, entre otros] para las generaciones presentes y futuras a través de un equilibrio entre los componentes ambiental, económico y social en un marco político institucional. En este sentido, a continuación, se describe la sustentabilidad de la normativa cannábica nacional [AM 109 MAG] y los textos legislativos relacionados a ella.

#### **3.1. Componente ambiental**

Partiendo de la Constitución, el artículo 15 manifiesta que no está permitido el uso de agroinsumos internacionalmente prohibidos; mientras que el artículo 73 señala que es

obligación del Estado aplicar medidas para evitar la destrucción de ecosistemas y la alteración irreversible de los ciclos naturales (Asamblea Nacional de Ecuador 2021b, art. 15-73). En papel y a nivel normativo suena bastante bien, pero remitiéndose a los hechos, existe una evidente inaplicación de la norma, así por ejemplo, de los plaguicidas usados en Ecuador, 7 han sido declarados ilegales por la Unión Europea (Acción Ecológica 2022) y qué decir de la degradación de tierras cultivables, sí a nivel nacional predomina la agricultura convencional que hace un uso intensivo de agroinsumos que ya han alterado relaciones y ciclos ecológicos. De forma general el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Agricultura y Ganadería reportan que hasta el 2018 el 50 % del suelo nacional se encuentra en proceso de degradación, lo que acarrea una pérdida agrícola del 7,6 % del valor bruto de la producción agrícola (FAO 2018). Partiendo de la evidencia anterior, es pertinente dudar de la inocuidad socioambiental que tendrá el proceso agroproductivo del cannabis que apenas nació el día de ayer, por así decirlo.

Visualizando exclusivamente el acuerdo ministerial 109 [normativa nacional sobre producción cannábica], este en cada uno de sus lineamientos promueve el monocultivo, lo que se contrapone fuertemente con la Constitución en el artículo 281 en su numeral 6 que expresa que es responsabilidad estatal incentivar la preservación y recuperación de la agrobiodiversidad (Asamblea Nacional de Ecuador 2021b, art. 281). Lo que se puede ver es una pugna entre cuerpos normativos, ya que mientras el uno sostiene una cosa, el otro dice algo totalmente opuesto. Solo para tenerlo como idea, un sistema de una sola especie tiende a empobrecer el suelo y causar estragos a nivel ecológico por el uso a gran escala de agroquímicos, lo que repercute negativamente contra la agrobiodiversidad del lugar. Dentro del mismo artículo de la Constitución se habla de un intercambio libre de semillas (Asamblea Nacional de Ecuador 2021b, art. 281), acto que no está contemplado en el AM 109 MAG, puesto que todas las semillas deben ser importadas o a su vez adquiridas a quienes tienen licencia de producción de semillas, sin contemplar que antes de la llegada de la normativa cannábica ya existían colectivos dedicados a la producción de la planta que desarrollaron sus propias genéticas con características específicas para maximizar la obtención de cannabinoides determinados.

Uno de los textos legislativos en los que mayormente se apoya el AM 109 MAG, es la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable [LOASFAS]; esta presenta lineamientos que promueven la sustentabilidad y buenas prácticas de los procesos agrícolas que el AM 109 MAG no acoge o no ha decidido implementar [figura 4]; tal es el caso que desde el año 2019 el país enmarcado en su

política de cambio climático ha venido dando pequeños pasos para la producción agrícola sostenible, sobre todo en zonas de alto interés para el proyecto REDD+ (MAATE 2021), en ese mismo año el Estado dio a conocer la certificación agropecuaria *premium* y *sustainable* (PROAMAZONIA 2021). Sin embargo, al día de hoy esta políticas no se articula de ninguna manera con los productores de cannabis. Por último, el literal b del artículo 50 de la LOASFAS insta a que el Estado promueva emprendimientos de agricultura sustentable (Asamblea Nacional de Ecuador 2017, art. 50), lo que dista de ser compatible con el AM 109 del MAG, ya que alienta a prácticas convencionales de producción agrícola.

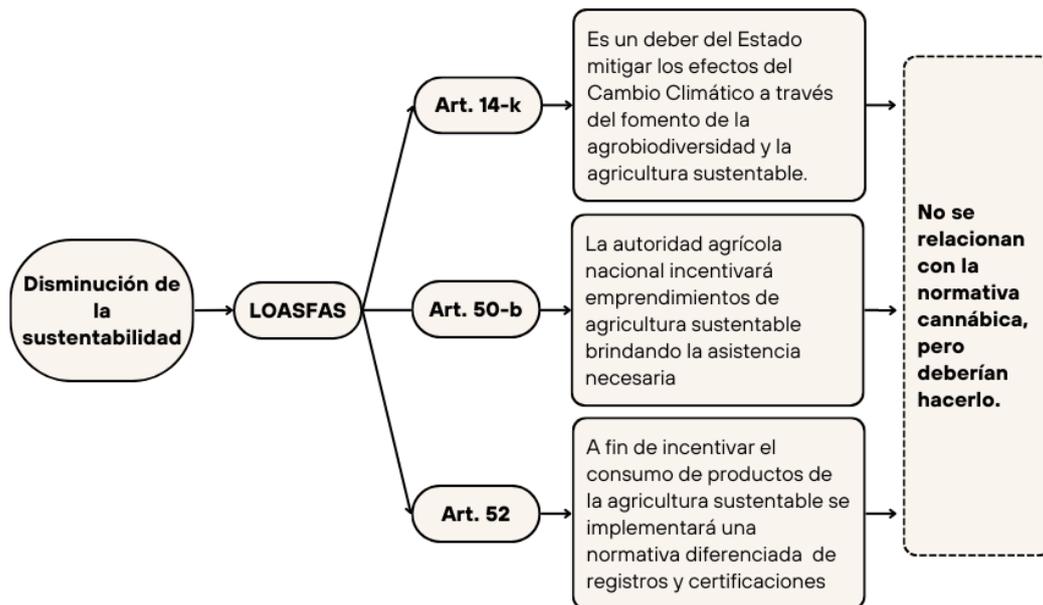


Figura 4. Irrupción de la sustentabilidad ambiental en la normativa cannábica  
Fuente: Asamblea Nacional de Ecuador (2017, art. 14-52). Elaboración propia

De la figura 4 es conveniente entender que los artículos mencionados no suponen el detrimento de la sustentabilidad cannábica por sí mismos, sino por la carencia de un mecanismo de acción que las ponga en sintonía con el AM 109 MAG.

Por otro lado, existen puntos que potencian la producción sustentable del cannabis, es así que uno de los más fuertes dentro del AM 109 del MAG es el artículo 9 que señala que no se requiere una superficie mínima para acceder a la licencia de investigación, fitomejoramiento y bancos de germoplasma (Ministerio de agricultura y ganadería 2020, art. 9). El artículo 14 secunda a la sustentabilidad ambiental ya que señala que no se requiere de licencia para el procesamiento de cáñamo de uso industrial lo que puede repercutir de forma favorable en el desarrollo de diversas estructuras de este vegetal que podrían ir desde carrocerías automotrices tan fuertes como el acero tal y como la

Industria Ford prototipó en 1941 (Hinojosa y Marín 2017, 5), hasta electrodos para baterías según afirma Antoran Navarro, Alvira, y Manya (2022 1). Por último, también es rescatable que hayan recalcado las prohibiciones para la siembra de cáñamo, ya que mencionan en los artículos 27 y 28 que “El área de Cultivo no podrá ser parte de zonas protegidas o de bosques primarios o estar localizada en zonas fronterizas o de seguridad nacional” (Ministerio de agricultura y ganadería 2020, art. 27-28), acto que asegura el bienestar del patrimonio natural del Estado.

La LOASFAS sin ser explícita para cultivos cannábicos, apoya a la sustentabilidad de los agrosistemas. El artículo 14 literales l y q, manifiestan que es competencia del Estado reducir la contaminación de los ecosistemas y garantizar la conservación de la agrobiodiversidad a través de la ciencia y la tecnología (Asamblea Nacional de Ecuador 2017, art. 14).

Fuera del ámbito normativo existen otras cuestiones que podrían poner en detrimento el componente ambiental como es la carencia de un mapeo oficial de sitios idóneos para la siembra de cannabis, a pesar de que en el año 2020 Xavier Valverde de Hoban Law Group haya expuesto que esa sería una petición para los inversores cannábicos en el país (Alvarado 2020), esto es particularmente preocupante ya que con el boom de la legalización muchas organizaciones quieren acceder a licencias para sembrar en sitios que edafológica y climáticamente no son aptos.

Otro elemento que se ha dejado fuera de las discusiones cannábicas es la soberanía alimentaria a pesar de que el AM 109 MAG en sus consideraciones iniciales exponga una serie de artículos acerca de ella. Aún no se conoce cuál será el impacto del sector cannábico sobre la soberanía alimentaria, hasta el día de hoy no se han emitido informes técnicos al respecto y ni siquiera han podido solventar esa duda en las visitas y solicitudes de información que se han realizado a los diferentes departamentos del MAG. Es conocido que el 70% de los alimentos del sur global son producidos por el campesinado en la ruralidad del sur global (Keller 2022), el problema aquí es dilucidar la dinámica de un nuevo cultivo industrial, frente a la producción de alimentos desde la agricultura familiar y campesina, ya que anteriormente en el bum de las rosas se presencié un despojo de los medios de vida del campesinado, acaparamiento de tierras por especulación inmobiliaria y sobre todo la pérdida del conocimiento sobre el manejo del campo, en este punto el campesinado en muchos casos abandonó sus tierras y en el mejor de los casos se convirtió en un asalariado de las florícolas o simplemente tuvo que ejercer actividades de peonaje para la agroindustria (Guerra 2012, 61-62); sin satanizar el cultivo del cannabis

y considerando los posibles beneficios económicos de su producción, se debe mirar al capo y al campesinado, para evitar que continúen con la pérdida y deterioro de sus modos de vida, con garantías estatales para que la agricultura industrial no acapare sus tierras.

Finalmente, el agronegocio del cannabis obviamente obedece a una lógica de mercado, a una lógica extractivista que hace uso de los recursos naturales del territorio nacional como el suelo, la luz solar, el viento, que aparentemente carecen de percepción porque siempre han estado allí, en este punto la agroindustria encuentra un nicho de oportunidad para maximizar su rentabilidad entregando a los productores agrícolas paquetes tecnológicos. El uso de paquetes tecnológicos pertenecientes a multinacionales implica que los agricultores nacionales sin darse cuenta trabajen en la domesticación y adaptación de las semillas y genéticas foráneas, incluso pudiendo llegar a crear nuevas variedades que nunca serán parte de los agricultores sino de aquellas organizaciones que tengan propiedad intelectual y derechos sobre la genética original. Ecuador en 1991 aceptó el convenio de *Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales* que no es más que un sistema para que países como Ecuador entreguen la soberanía sobre el desarrollo de las semillas y en sí las genéticas nacionales y endémicas a las multinacionales más poderosas de la agroindustria, de esta manera se restringen prácticas como el intercambio de semillas, su almacenamiento, mejora y cualquier transacción de tejidos o semillas que no cuenten con autorización del poseedor de la patente (UPOV 1991, art. 14-19).

### **3.2. Componente socioeconómico**

Como ya se ha expresado anteriormente la regulación cannábica fue promovida por varios sectores, entre ellos por la industria florícola por su interés económico, situación que ha molestado a varios actores cannábicos. Klaus Graetzer de la empresa Cannades, nacida de la florícola Ecuagarden, sostiene que no es complicado acceder a las licencias de cannabis ya que oscilan entre 350 y 1500 dólares (Rosero, Tipanluisa, y Puente 2022). Dicho valor debería verse como uno de los tantos que va a cubrir un emprendimiento y siendo conscientes, no todas las personas pueden acceder a ese dinero por mínimo que sea; aún peor, no se está considerando a los pequeños productores de cannabis que antes del reglamento trabajaban desde la clandestinidad y justamente esta podía ser la oportunidad para regularizar sus medios de vida. Además, el costo por acceder a licencias cannábicas genera una contradicción con la LOASFAS, ya que en el literal j del artículo 6 se hace hincapié en se desarrollarán políticas públicas que fomenten

el emprendimiento para la producción y comercialización de semillas certificadas (Asamblea Nacional de Ecuador 2017, art. 6), algo a lo que los emprendedores o microproductores difícilmente podrán acceder. En el artículo 7 de la misma ley se señala que se promoverá la formación de empresas semilleras públicas, privadas y comunitarias; aquí la pregunta que cabe respecto al cannabis es ¿qué tipo de comunidades pueden usufructuar con la planta, acaso solo aquellas más acaudaladas?

El hecho de que las licencias para cultivo de cannabis 3 y 4 [cultivo de cannabis no psicoactivo y cultivo de cannabis para uso industrial, respectivamente] condicionen a los productores a una cantidad mínima de tierra [5 hectáreas a campo abierto o 2 hectáreas bajo invernadero] supone un problema, ya que según León y Rivera (2020, 2), la distribución de tierras agrícolas en el país se ha dado de una forma totalmente inequitativa. Quienes tienen tierras superiores a 500 hectáreas controlan el 16 % de la superficie agrícola, los poseedores de extensiones entre 50 y 100 hectáreas controlan el 18 % de la superficie agrícola y finalmente con una representatividad de superficie de 6.53 % están aquellas propiedades inferiores a 5 hectáreas que en promedio tienen 1.4 ha cada una (6). Una cantidad de tierra bastante inferior a lo que estipula el reglamento cannábico para adquirir las licencias antes mencionadas, lo que en un caso hipotético implicaría que como mínimo se asocien 3 productores para cumplir con el requisito de la extensión de tierra y darle vida a un proyecto cannábico. Entiéndase que la asociatividad es buena y justamente para ser licenciario se requiere de personería jurídica la cual se cubre legalmente estableciendo sociedades, la dificultad está en la notoriedad y representatividad a nivel agrícola puesto que no se alcanzaría más allá del 6.53 % antes mencionado. En este sentido, la normativa excluye automáticamente a los agricultores familiares campesinos que poseen extensiones menores de 5 hectáreas que representan el 63.9 % del total de productores agropecuarios nacionales (León y Rivera 2020, 6). Por otra parte, el Ministerio de Agricultura y Ganadería justifica el hectareaje mínimo con el fin de “garantizar la rentabilidad, protección del mercado, protección de la calidad, así como para facilitar la tarea de control del MAG y por un tema de seguridad; ya que en el país no hay capacidad para controlar el contrabando de cebolla y papa, por lo que, muy difícilmente se podrá realizar un control sobre plantaciones pequeñas” (MAG, 2021 citado en Aldaz et al. 2022, 14, parr. 4). Nótese que parte de la justificación se basa en la rentabilidad, sin embargo, como asegura Aldaz et al (2022, 4) el ministerio hasta la fecha del análisis no ha realizado informes que midan la rentabilidad del cannabis en el país.

En el caso de la LOASFAS que es la norma principal que se transversaliza con el AM 109 MAG, se encuentran lineamientos que podrían apoyar la sustentabilidad socioeconómica de todo tipo de sistema agrícola, sin embargo, aún no existen reglas claras ni rutas de acción que los articulen con el reglamento cannábico, por ello para efectos de la presente investigación se los ha catalogado como artículos que disminuyen la sustentabilidad [figura 5].

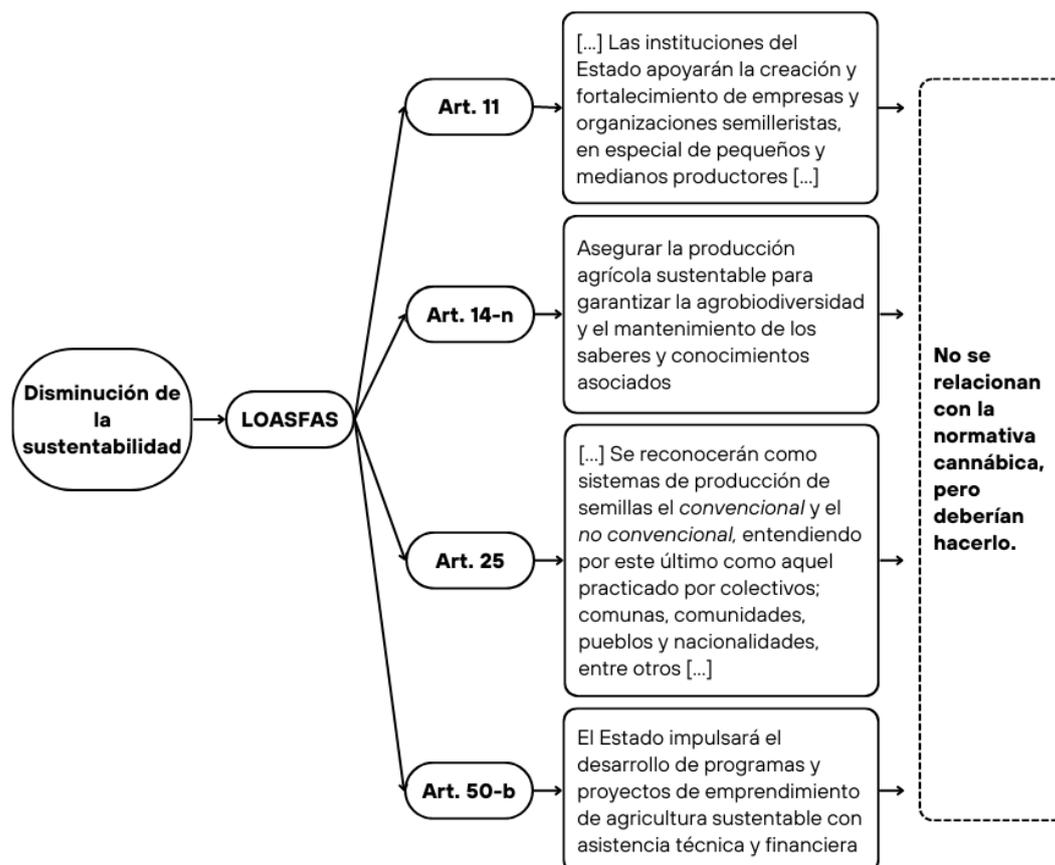


Figura 5. Disminución de la sustentabilidad socioeconómica en la normativa cannábica  
Fuente: Asamblea Nacional de Ecuador (2017, art. 11-50). Elaboración propia

Acorde a la figura 5, respecto al artículo 11, el Estado aparentemente ha cumplido la tarea, pues menciona que con el *proyecto semillas* iniciado en el año 2022 ha apoyado a más de 20 mil pequeños y medianos agroproductores con capacitaciones, asistencia técnica y la entrega de paquetes tecnológicos a través de la subvención del 70 % del costo de estos últimos (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2022b), no obstante, no se menciona nada en específico de empresas semilleras cannábicas, ni siquiera en informes de rendición de cuentas, a pesar de que al momento existan 10 licenciarios para la producción de semillas a nivel nacional (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2023). Respecto al artículo 14-n y 50-b, el Estado ha impulsado políticas y proyectos para

fomentar la agricultura sustentable como el *proyecto reverdecer* durante el periodo del 2017 al 2021 o el proyecto *conservación y uso sostenible de parientes silvestres de cultivos* implementado este año (Tapia 2023, 11). Por último, respecto al artículo 25 se ha fortalecido el reconocimiento de semillas del sistema no convencional en variedades de maíz [canguil negro, chulpi rojo y julín sara], quinua negra, mashua negra y misso a través del proyecto de fortalecimiento de las comunidades indígenas de Cotacachi (Tapia 2023), sin embargo, a nivel de cáñamo, la producción de semillas no puede enmarcarse dentro del sistema de producción no convencional porque el cultivo requiere un control estricto para evitar que sobrepase el nivel de THC permitido obedeciendo a procedimientos de trazabilidad (Dirección Distrital del MAG Tungurahua, 2023, entrevista personal). En consecuencia, está restringido el intercambio y producción de semilla campesina, lo que implica que el AM109 MAG junto con la LOASFAS buscan exclusivamente la producción de semilla certificada de cannabis.

También hay que destacar la existencia de un par de artículos de la LOASFAS que promueven la sustentabilidad de los agrosistemas. Primero, el artículo 13-g señala que el Estado promoverá la formación de empresas y organizaciones semilleras locales (Asamblea Nacional de Ecuador 2017, art. 13), acto que a nivel de otros cultivos ha dado resultado y más en lo que a semillas endémicas respecta, mientras que en cuanto al cannabis, durante el 2022 el MAG capacitó a 181 personas en lo relacionado a regularización de licencias de siembra, procesamiento, investigación y producción de semillas (Ministerio de agricultura y ganadería 2022<sup>a</sup>, 7). Por último, el artículo 13-k apoya a la investigación y producción nacional ya que obliga al Estado a que brinde asistencia técnica para mejorar las semillas, lo que se relaciona directamente con la licencia 6 de fitomejoramiento de cáñamo del AM 109 MAG, en donde son los técnicos de la cartera de agricultura los encargados de realizar este acompañamiento con los productores, por ello al día de hoy se cuenta con 13 licenciarios en todo Ecuador continental que se dedican al fitomejoramiento de esta especie, entre ellos el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (Dirección Distrital del MAG Tungurahua, 2023, entrevista personal).



## Capítulo segundo

### Pros y contras de la industria del cannabis

#### 1. A nivel ambiental

Todo proceso productivo conlleva de una u otra manera un impacto ambiental positivo o negativo, entendiendo como positivo la reducción de emisiones de GEI, secuestro de contaminantes e incluso aumento de la salud colectiva, entre otras; mientras que será negativo cuando ocurra lo contrario, es decir altas emisiones de carbono, contaminación de sustratos o detrimento del bienestar colectivo, entre otros.

Los procesos productivos del cannabis no se quedan atrás, ya que en primera instancia son muy prometedores a nivel ambiental; Adesina et al. (2020, 11) señalan que la calidad del suelo puede mejorar si los cultivos cannábicos son guiados con técnicas de gestión agronómica empleando rotación de cultivos, cultivos de cobertura y haciendo uso de estiércol local, tras un análisis realizado en EEUU.

No se puede afirmar que los cultivos de cannabis van a ser 100 % amigables con el ambiente, ya que todo está en función del cuidado y manejo con el que se trate al cultivo que puede ser de tres formas. El *indoor* o cultivo a interiores, se desarrolla completamente aislado de factores ambientales dentro de infraestructuras como edificaciones o galpones, se puede decir que es un cultivo industrial por la alta demanda de recursos que tiene [especialmente el energético]. El cultivo a *campo abierto* o a exteriores, se lo realiza directamente sobre el suelo, se caracteriza porque las plantas están en contacto directo con el entorno, es decir con la humedad, luz natural, temperatura ambiental y pueden interactuar con los microorganismos del lugar. Finalmente, están los *cultivos bajo invernadero* que poseen características intermedias entre los antes mencionados, aunque del mismo modo que los indoors podrían consolidarse como un cultivo industrial. Entre ellos, los más preocupantes son los indoors ya que aplican varios dispositivos como luminarias durante fotoperíodos de doce horas, humidificadores, ventiladores y muchos más que son altamente demandantes de energía lo que sin duda eleva su huella de carbono (Zheng, Fiddes, y Yang 2021, 7).

En ocasiones la implementación de invernaderos deja un rastro de granadas claras a sus alrededores aumentando la vulnerabilidad del suelo frente a la erosión, efecto que

también se da en los cultivos a campo abierto al realizar camas elevadas (Butsic y Brenner 2016, 8).

A nivel industrial, Núñez (2017, 51) a través de un análisis en Bogotá, menciona que la gestión inadecuada de residuos de las empresas cannábicas genera impactos ambientales negativos sobre el suelo y fuentes de agua, conllevando muchas veces un daño irreversible. El componente biótico también resulta afectado ya que se registran pérdidas de especies y de sus lugares de vida (50).

Como punto positivo, el cannabis es un cultivo multipropósito potencial que podría impulsar la salud ecosistémica y la economía a través del secuestro de agentes biológicos, la generación de bioenergía y la fitorremediación (Adesina et al. 2020, 11), inclusive los productos vegetativos residuales podrían ser revalorizados y aprovechados en diversas cadenas de valor (Núñez 2017, 50).

No se pueden negar los beneficios ambientales de esta especie y como mencionan Butsic y Brenner (2016, 9), la agricultura sostenible de cannabis supondrá un futuro favorable en temas de preservación de la naturaleza otorgando mayor acceso a los investigadores para potenciar la ciencia como eje fundamental de la agricultura.

## **2. A nivel social**

A raíz de la despenalización de las drogas en Portugal para uso personal en el año 2001, se registró un decrecimiento sustancial en el consumo de heroína, se redujeron las muertes asociadas a sustancias [especialmente las de origen químico] y se brindó mayor tratamiento de adicciones, sin embargo, aumentó el consumo de cannabis (Hughes y Stevens 2007, 9). Del ejemplo de Portugal resulta interesante analizar la dinámica social del consumo de drogas, ya que el cannabis ha causado el desplazamiento de las de origen sintético que son mucho más tóxicas, además el aumento de cannabis no solo implica un consumo recreativo sino también paliativo y medicinal.

En el campo de la salud, es un hecho que el cannabis y sus derivados pueden ser usados en terapias medicinales alternativas, pero es necesario informar sobre vías de administración seguras y realizar un seguimiento a cada caso (Callado 2011,13). También resulta importante investigar nuevas rutas de aplicación de dosificaciones, por ejemplo, mediante vaporizadores herbales, aceites sublinguales, aerosoles, etc, (14), a fin de evitar daños derivados de una u otra técnica de consumo.

El estigma con el que carga esta especie hace que los gobiernos y personas particulares la miren con desconfianza, o peor aún con fines totalmente perversos. Según Cherney y Small (2016, 19) jamás ha existido en el campo de la agronomía un cultivo tan altamente impactado por la sociopolítica como el cannabis.

De acuerdo con Galiano (2020, 18), en Ecuador, lo que rodea a la regulación y a las políticas públicas en torno al aprovechamiento del cannabis se enfoca más en los modelos corporativos, farmacéuticos y policiales y se dejan de lado las partes ambientales, sociales, comunitarias y de derechos, ya que las propias reformas del COIP y de la constitución han dado paso a la manipulación y al posible monopolio en esta industria. Lo cierto es que los cannabicultores pequeños han quedado excluidos del boom del cannabis en el país y tendrán que seguir laborando desde la clandestinidad.

### **3. A nivel económico**

#### **3.1. El caso de Colombia**

Según Ramírez (2019, 37) las exportaciones de cannabis medicinal colombiano pueden generar 100 millones de dólares a corto plazo y en una proyección nacional al 2024 se espera alcanzar los 800 millones de dólares, lo que es una ventaja en rentabilidad frente a exportaciones como las de las rosas en donde los 100 millones se alcanzan a partir del décimo año.

Al igual que en Ecuador, se excluye a los pequeños cannabicultores dado que no pueden acceder al material certificado debido al rigor normativo y los costos elevados estimados, por ejemplo, sembrar una hectárea bajo invernadero representa entre 300 y 400 mil dólares (Ramírez 2019, 51). Existe también la posibilidad de que los pequeños productores realicen alianzas productivas con empresas más grandes, pero la participación y ganancias no siempre serían las más equitativas (52), lo que abre la puerta a un sistema de agricultura por contrato en donde son los productores pequeños los que asumen todos los riesgos en cuanto a pérdidas, daños y disminución de la cosecha. Por otro lado, de algún modo se intenta dar impulso a la producción campesina, por ello el presidente Petro ha refutado el papel de las empresas cannábicas canadienses en su país, señalando que la producción del Valle del Cauca debe darse desde el campesinado (Vargas 2022).

El mercado del cannabis medicinal en Colombia se está consolidando como una industria farmacéutica fuerte y gracias a ello tiene la posibilidad de transformar su

economía, diversificar sus exportaciones y reducir su dependencia de los hidrocarburos (Ramírez 2019).

### **3.2. La situación de Ecuador**

Llanos y Quelal (2021, 158) a fin de evaluar la factibilidad de la producción de cáñamo en Urcuquí, determinaron que Ecuador posee las características ideales para este tipo de cultivo debido a la heliofanía, humedad relativa y características del suelo, que brindarían un producto de alta calidad para la exportación, a lo que Jorge Calvo (2023, entrevista personal) acota que la productividad de las especies cannábicas aumenta conforme se desciende a los valles interandinos.

El país puede buscar expandir el negocio sobre todo a países europeos, entre ellos destaca Alemania, consolidándose como uno de los mayores importadores de cannabis en forma de materia prima y derivados (Ponieman 2020), cabe resaltar que no existen barreras arancelarias entre Ecuador y Alemania lo cual tiene el potencial de dinamizar la economía (Llanos y Quelal 2021, 158).

Ecuador al dar inicio el AM 109 MAG, contabilizó 705 empresas registradas en la Superintendencia de Compañías con temas relacionados al cannabis, entonces esto representa una oportunidad en términos macro y microeconómicos, pues según Llanos y Quelal (2021, 158) la inversión inicial se recupera en un plazo de tres años.

No obstante, según la Dirección Distrital del MAG Tungurahua (entrevista personal, 2023), uno de los problemas que enfrenta este nuevo proceso productivo es la falta de conocimiento en las facultades de las licencias cannábicas, puesto que en teoría deberían articularse como se muestran en la figura 6 a fin de que la cadena de valor se dinamice a nivel social y económico, lo que facilitaría las transacciones entre los eslabones cannábicos.

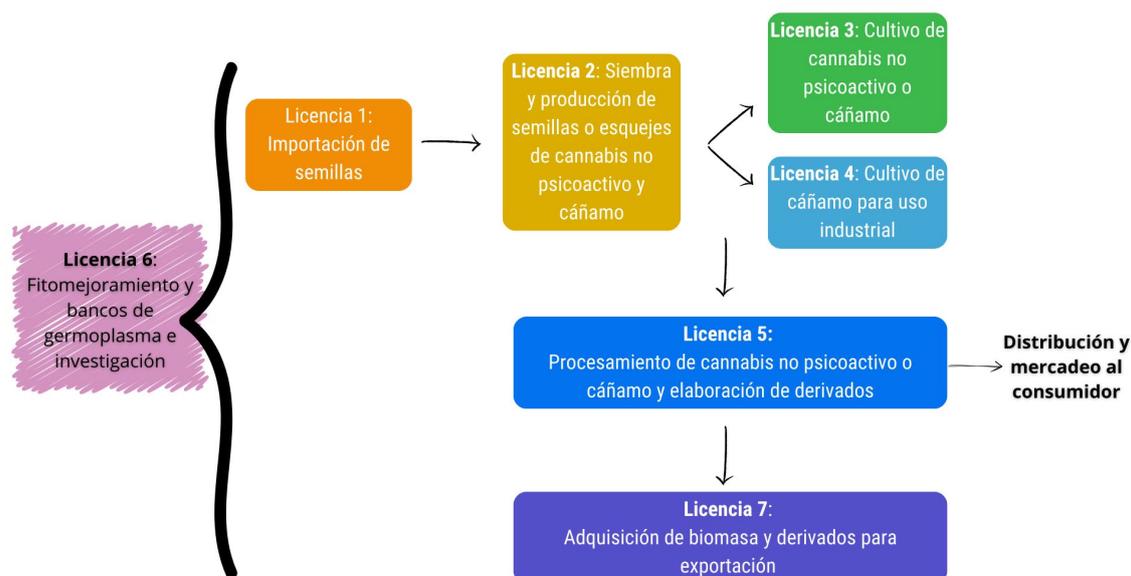


Figura 6. Cadena de valor de la producción cannábica

Fuente: Dirección Distrital del MAG Tungurahua (entrevista personal, 2023). Elaboración propia

De la figura anterior, es necesario mencionar que la licencia 6, no se vincula necesariamente con las transacciones monetarias del cannabis, sino, que viene a ser una línea transversal que aporta en la innovación y desarrollo del sector.

#### 4. A nivel industrial

Dentro de la diversificación industrial que emplean cannabis como materia prima se encuentran las farmacéuticas, agroindustriales, energéticas, alimentarias, que dan un valor agregado a la especie convirtiéndola en una amplia gama de productos y subproductos (Salentijn et al. 2015).

Como planta multiusos le ha dado una segunda vida a la moda italiana, que es el segundo sector económico del país. Allí se emplean fibras e hilandería de cáñamo, considerada como la mejor del mundo (Sorrentino 2021, 8); este hecho no solo implica el marketing hacia el cannabis, sino que deja la puerta abierta para emplear materiales sustentables en diferentes sectores.

En el área de la construcción se han realizado ensayos con una solución de cáñamo y concreto, obteniendo como ventaja la homogenización de la mezcla que evita el agrietamiento del sitio de aplicación, sin embargo, aún se necesitan más pruebas para evaluar este resultado (Carvajal y Terreros 2016, 4). Otro tipo de emprendimientos le apuestan al hempcrete, que son bloques de construcción mayormente elaborados con fibra

y cal, aunque sus ingredientes pueden variar dependiendo de quien los diseñe, según Di Capua et al. (2021) evita la emisión de GEI ya que es un excelente reemplazo del concreto.

A nivel mundial existe una segmentación del monopolio productivo del cannabis, Canadá por ejemplo produce semilla para extractos oleaginosos, China lidera la manufactura de fibra, a esta le sigue EE. UU. y luego está Europa (Cherney y Small 2016, 19). En este punto el resto de economías del mundo pueden buscar un nicho de mercado altamente competitivo como sería la elaboración de principios activos a base de cannabis más aún si son destinados a la medicina, otro punto podría ser la obtención de material energético y desarrollo de dispositivos para el área electrónica a base de cannabis.

## Capítulo tercero

### Área de estudio y marco metodológico

#### 1. Área de estudio

El estudio consideró a dos fincas de producción de cannabis debidamente regularizadas. A fin de mantener la confidencialidad de las empresas que son parte del estudio, indistintamente y de ahora en adelante se las llamará como empresa *Alfa* y empresa *Beta* [figura 7]. Para conocer su contexto geográfico, una de las empresas se ubica en la parroquia Poalo, cantón Latacunga provincia de Cotopaxi; mientras que la otra empresa se encuentra en la parroquia Malchinguí, cantón Pedro Moncayo, provincia de Pichincha. Se ha decidido evaluar 2 fincas de producción ya que cuentan con distintos tipos de licencia, lo que repercute en los indicadores de impacto ambiental determinados en el capítulo 4.



Figura 7. Sitios de estudio

Fuente: Google earth (2023). Elaboración propia

*Alfa* cuenta con la *licencia número 1* para la *importación y comercialización de semillas y esquejes de cannabis no psicoactivo o cáñamo para uso industrial*, y también con la *licencia número 3* para el *cultivo de cannabis no psicoactivo o cáñamo*. Por su parte la empresa *Beta* posee únicamente la licencia número 3.

La investigación realizada se centra estrictamente en los cultivos de cannabis, es decir en la licencia número 3 [también podría ser aplicado el presente modelo de análisis en la licencia tipo 4].

### **1.1. Descripción de cada cultivo**

El cultivo evaluado de la empresa Alfa se desarrolla a partir de esquejes [clones de plantas madres] dentro de un invernadero, en donde cada planta crece en una maceta plástica para asegurar su aislamiento de factores como la lluvia y el viento [Anexo 3]. El hecho de emplear esquejes optimiza la maduración del cultivo y maximiza la producción de flores, sin embargo, el cultivo no alcanza mayor longitud [generalmente menos de 1.30 metros]. Una de las ventajas de sembrar esquejes es que se reduce el ciclo del cultivo y de esta manera las plantas estarán listas para ser cosechadas en los próximos 4 meses. Dentro del invernadero emplean equipos eléctricos de luz artificial y ventiladores que permanecen encendidos la mayor parte del día.

Por otro lado, el cultivo evaluado de la empresa Beta se da a campo abierto y está completamente expuesto a factores ambientales como luz, lluvia y viento [Anexo 4]. El proceso de siembra inicia con la germinación de semillas en bandejas para obtener plántulas, la germinación es importante porque permite identificar ejemplares enfermos o poco viables que no son aptos para la siembra, con lo que se optimiza espacio y recursos. Posteriormente, las plántulas son llevadas a las parcelas a campo abierto. Este tipo de siembra maximiza la obtención de biomasa, sin embargo, se obtiene una cantidad de flor algo menor en comparación con la siembra por esquejes. Finalmente, su cosecha se realiza entre los 4 y 5 meses una vez que los individuos han alcanzado su madurez.

## **2. Marco metodológico**

Una forma adecuada para medir el impacto de un sistema productivo en términos positivos o negativos es mediante el uso de indicadores de impacto ambiental y socioambiental ya que permiten entender y cuantificar su interacción con el entorno y la colectividad involucrada. A pesar de existir toda una diversidad de indicadores, el presente estudio únicamente se centra en los resumidos en la figura 8.



Figura 8. Indicadores evaluados  
Fuente y elaboración propias

Respecto a la huella hídrica y de carbono, han sido seleccionados porque se los ha difundido desde hace varios años, lo que ha permitido que cada región cuente con factores de equivalencia propios, lo que arroja resultados más ajustados a cada realidad.

La importancia de conocer la huella hídrica, radica en entender que los requerimientos de agua para las actividades humanas, entre ellas la agricultura no deben sobrepasar su tasa de reposición natural (Hoekstra et al. 2011, 46). Dentro del sector agrícola el cálculo de la huella hídrica no solo representa el gasto de agua del sistema productivo, sino que también permite cuantificar los aportes de agua que recibe el cultivo [ya sean de lluvia o de riego], lo que permite optimizar el riego de la unidad productiva, en consecuencia hay un descenso de la huella hídrica y se maximiza el rendimiento productivo (Hoekstra et al. 2011, 142). Sin duda, uno de los mayores beneficios en términos ambientales es que los agricultores conocen cuánta agua se contamina con los insumos que emplean [fertilizantes, pesticidas, etc.], lo que causa que busquen alternativas e incluso cambios en el manejo del cultivo como la adopción de prácticas orgánicas o agroecológicas. En el ámbito político, para que América Latina cumpla con el objetivo 6 [agua y saneamiento] de la agenda 2030 se requieren esfuerzos nacionales para concretar inventarios de huellas hídricas agrícolas para que el mercado cumpla con normas de sustentabilidad ambiental (CEPAL 2019).

En escala de emisiones de GEI a nivel mundial, la agricultura industrial ocupa el cuarto lugar como uno de los contaminantes más grandes (Saynes et al. 2016, 1), mientras que ese mismo sector se queda con el tercer lugar en Ecuador con emisiones que representan el 18,7 % de la totalidad (Ministerio de Ambiente Ecuador 2019, 6). El aumento de emisiones de forma paulatina empieza a evidenciarse en la pérdida de calidad de los ecosistemas, aumento de problemas de salud pública, pérdida de la soberanía alimentaria y disminución de la productividad (CEPAL 2013, 13); en este punto toma relevancia el análisis de la huella de carbono, a fin de disminuir el impacto ambiental agrícola e iniciar una transición hacia la sustentabilidad con modelos de producción verdaderamente limpios. Este indicador ha sido incluido dentro de las políticas de algunos países, en primera instancia para cuantificarla y posteriormente para crear estrategias de mitigación de GEI; dentro de ellos se puede mencionar a Reino Unido, Australia, o España cuya iniciativa de medición de la huella de carbono ha nacido desde sus respectivos ministerios agrícolas y de ambiente, con lineamientos específicos para procesos agroalimentarios (Schneider y Samaniego 2010, 31-33).

El balance de CO<sub>2</sub> como tal, aún no es considerado un indicador de impacto ambiental, sin embargo, en contextos productivos como el agrícola en donde existe un intercambio constante de CO<sub>2</sub> entre la atmósfera y la vegetación [fijación y secuestro de CO<sub>2</sub>], es necesario considerar la capacidad de captura de CO<sub>2</sub> de las plantas para hallar huellas de carbono netas o para determinar bajo qué condiciones un cultivo se considera como un sumidero de CO<sub>2</sub>. Lamentablemente esta idea no ha despegado por completo ya que lo usual es hacer cálculos de huella de carbono y cálculos de captura por separado, no obstante, existen iniciativas que exponen lo útil que es combinar ambas metodologías para hallar un balance de emisiones (Mota et al. 2011, 2).

Finalmente, el último indicador empleado consiste en medir la resiliencia socioecológica de la unidad productiva que relaciona al cambio climático con el componente social y ambiental. Los primeros estudios sobre este indicador en América Latina corresponden a Nicholls y Altieri (2011, 33) concluyendo que las proyecciones negativas del cambio climático podrían ser peores en la ruralidad latinoamericana; a pesar de ello, varios de los agricultores diseñan sus propias estrategias para enfrentar estos problemas eventuales, lo que se evidencia con el uso de semillas ancestrales resistentes a las heladas, rotación de cultivos, cosecha de aguas, entre otras prácticas que se orientan a la agroecología, lo que es uno de los primeros pasos hacia una agricultura resiliente. Henao, Altieri, y Nicholls (2015, 15) a partir de estudios anteriores, desarrollan una

metodología flexible para evaluar la resiliencia de las unidades productivas conjugando en el mismo modelo al cambio climático, vulnerabilidad y capacidad de respuesta a partir de una serie de subindicadores. Con la llegada de la agenda 2030, la resiliencia pasa a formar parte del discurso de la ONU, promoviendo prácticas sustentables con énfasis en la protección de la ruralidad y sus servicios ecosistémicos, a fin de que los agroproductores se adapten a los cambios en los patrones del clima y puedan estabilizarse frente a eventuales problemas climáticos (FAO 2020). Esto no implica únicamente un beneficio a nivel social sino que también se disminuye la presión sobre el entorno al reducir el impacto ambiental de cada unidad productiva.

### 1.1. Huella hídrica

El cálculo de la huella hídrica se basó en los procedimientos descritos en el Manual de Evaluación de la Huella Hídrica diseñado por The Water Foot Print Network a cargo de Hoekstra, Chapagain, Aldaya y Meconnen durante el 2011, de forma complementaria se empleó el documento de Evaporación del Cultivo publicado por la FAO en el año 2006, en este se pudieron conocer las formas para solventar variables expuestas en las ecuaciones de The Water Foot Print Network.

Dentro de los cálculos a realizar se debe conocer que la huella hídrica agrícola es la suma de sus tres componentes que son la huella hídrica verde (correspondiente a la lluvia empleada en el cultivo), la huella hídrica azul [agua suministrada por riego] y finalmente, la huella hídrica gris que señala la cantidad de agua que se contamina en el proceso siempre y cuando se empleen insumos por medio líquido que sean suministrados al cultivo. Matemáticamente este cálculo puede ser expresado por medio de las ecuaciones 1, 2, 3 y 4.

$$HH_{total} = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris} \quad (1)$$

$$HH_{verde} = \frac{Uac_{verde}}{R} \quad (2)$$

$$HH_{azul} = \frac{Uac_{azul}}{R} \quad (3)$$

$$HH_{gris} = \frac{(\alpha * TA)/(C_{max} - C_{nat})}{R} \quad (4)$$

Fuente: (Hoekstra et al. 2011, 67-70)

Donde:

$HH =$  huella hídrica, expresada en  $\left[ \frac{\text{volumen}}{\text{masa}} \right]$

$Uac =$  uso de agua del cultivo, expresado en  $\left[ \frac{\text{volumen}}{\text{superficie}} \right]$

$R =$  rendimiento del cultivo, expresadao en  $\left[ \frac{\text{masa}}{\text{superficie}} \right]$

$\alpha =$  fracción de lixiviación esorrentía superficial, adimensional

$TA =$  tasa de aplicación de sustancias química por hectárea en  $\left[ \frac{\text{masa}}{\text{superficie}} \right]$

$C_{max} =$  concentración máxima permitida, en  $\left[ \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \right]$

$C_{nat} =$  Concentración natural, en  $\left[ \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} \right]$

Una aclaración de la huella hídrica gris es que solo se toma en cuenta para el cálculo el elemento que en mayor cantidad se encuentre, cómo puede ser el nitrógeno o cualquier otro que se aplique en mayor cantidad.

### 1.1.1. Consideraciones generales

En este apartado se incluyen los parámetros que deben ser empleados y calculados tanto para el componente verde, azul y gris de la huella hídrica agrícola.

#### 1.1.1.1. Uso de agua del cultivo [UAC]

Acorde a la metodología Hoekstra et al. (2011, 67), se determinó el *uso del agua del cultivo [Uac]* para el componente *verde, azul y gris*. La fórmula general del *Uac* independientemente de si es verde, azul o gris se presenta en la siguiente ecuación, se debe trabajar con el volumen específico para cada componente, así por ejemplo al abordar el agua de riego se estará calculando el *Uac azul*, mientras que si se emplea ele agua de lluvia se estará calculando el *Uac verde*.

$$Uac = \frac{\text{Volumen de agua}}{\text{Superficie}} \quad (5)$$

Uso de agua del cultivo verde, es el agua proveniente de las lluvias (Hoekstra et al. 2011, 56). Se lo toma del *Pefec* (Sandoval 2017, 36) de los cálculos anteriores realizados en Cropwat.

El Uso de agua de cultivo azul, corresponde al agua que se aplica en forma de riego (Hoekstra et al. 2011, 51), de ninguna manera se la puede confundir con el parámetro de *Requerimiento de agua del cultivo [RAC]* de CROPWAT. Su cuantificación consistió en indagar sobre las prácticas de riego de la empresa.

No existe como tal un *Uso de agua del cultivo gris*, ya que para ese componente en específico se emplea directamente la fórmula de la huella hídrica gris, también se enfatiza que esto solo debe ser en casos en los que el agua se contamine en el proceso productivo cuando se agregan agroinsumos a través de soluciones líquidas, como sucede en la fertiirrigación (Hoekstra et al. 2011, 57).

#### 1.1.1.2. Rendimiento del cultivo [R]

Se dividió la cantidad de la cosecha entre la superficie total de la parcela como se muestra en la ecuación 6.

$$R = \frac{CC}{S} \quad (6)$$

Fuente: (Sandoval, 2016, 37)

Donde:

$$R = \text{Rendimiento del cultivo, expresado en } \left[ \frac{\text{masa}}{\text{superficie}} \right]$$

$$CC = \text{Cantidad de cosecha, expresada en [masa]}$$

$$S = \text{superficie de la parcela, expresada en [superficie]}$$

#### 1.1.2. Huella hídrica verde

El programa Cropwat es recomendado por la FAO como una herramienta de apoyo para el cálculo de la huella hídrica, dentro de este estudio ha sido de utilidad únicamente para determinar el *uso de agua del cultivo verde*, este procedimiento calcula la precipitación de la que se beneficia el cultivo en un ciclo productivo. Dado que las empresas analizadas presentan diferentes prácticas de cultivo, el componente verde únicamente ha sido calculado para Beta, ya que su plantación se encuentra a campo abierto y se encuentra en interacción directa con los factores ambientales como la luz, viento, humedad relativa y la lluvia.

Un aspecto importante a tener en cuenta con el uso de Cropwat es que el proyecto debe trabajar con la ecuación de la *FAO-Penman-Montieth* para hallar la ETo y ETc según

la metodología de Allen et al. (2006, 25); la programación se la realiza en el menú de *configuración/opciones* en el apartado de *Clima/Eto* tal y como se muestra en el Anexo 5. Respecto a la precipitación, se debe trabajar con la ecuación *FAO-AGLW* acorde a Sandoval (2017, 35) y Yandún (2018, 36); la programación de la ecuación se desde el menú *configuración/opciones* en el apartado de *Precipitación* tal y como se muestra en el Anexo 6.

A continuación, se abordan los parámetros requeridos y usados por el programa.

### 1.1.2.1. Evapotranspiración de referencia [ET<sub>o</sub>] y de condiciones estándar [ET<sub>c</sub>]

La *evapotranspiración de referencia* señala la cantidad de humedad que pierde el suelo y la cobertura vegetal por procesos de evaporación y transpiración (Steduto et al. 2012, 259). Según Sandoval (2017, 24), mientras mayor sea el valor de ET<sub>o</sub> más humedad se habrá perdido y por lo contrario un ET<sub>o</sub> bajo refleja una pérdida menor de humedad.

Para este cálculo se consideraron datos de humedad relativa media mensual [%], precipitación media mensual [mm], heliofanía media mensual [horas], temperatura media mensual [°C] y velocidad del viento [km/día], los que se obtuvieron por medio del software *Climwat* y posteriormente fueron procesados en el software *CROPWAT 8.0* que se apoya en la ecuación 7 de la FAO-Penman-Montieth para hallar la ET<sub>o</sub> y ET<sub>c</sub> tal y como detalla la metodología Allen et al. (2006, 25).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 * (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \quad (7)$$

Fuente: (Allen et al. 2006, 25)

Donde:

$ET_o$  = evaporación de referencia, expresada en [mm día<sup>-1</sup>]

$R_n$  = radiación neta en la superficie del cultivo, expresada en [MJ m<sup>-2</sup> día<sup>-1</sup>]

$G$  = flujo de calor del suelo, expresado en  $\left[ \frac{MJ}{m^2 día} \right]$

$u_2$  = velocidad del viento a 2 metros de altura, expresado en  $\left[ \frac{m}{s} \right]$

$e_s$  = presión de vapor de saturación, expresado en [kPa]

$e_a$  = Presión real de vapor, expresado en [kPa]

$e_s - e_a$  = déficit de presión de vapor [kPa]

$\Delta =$  pendiente de la curva de presión de vapor  $\left[ \frac{kPa}{^{\circ}C} \right]$

$\gamma =$  constante psicrométrica  $\left[ \frac{kPa}{^{\circ}C} \right]$

Acto seguido el programa Cropwat de forma interna procede con el cálculo de la evaporación de *condiciones estándar*, según Allen et al. (2006), esta se aplica cuando el cultivo es manejado de forma óptima y obtiene el máximo rendimiento permitido por las condiciones meteorológicas. El programa CropWat 8.0, para este fin se apoya en la ecuación 8.

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (8)$$

Fuente: (Allen et al. 2006, 89)

Donde:

$ET_c =$  evapotranspiración del cultivo, expresado en  $\left[ \frac{mm}{día} \right]$

$K_c$

$=$  coeficiente del cultivo, adimensional. Diferencia de evaporación y transpiración

$ET_o =$  evapotranspiración de referencia, expresada en  $\left[ \frac{mm}{día} \right]$

Para el  $K_c$  se han empleado los valores del Manual de Evapotranspiración del Cultivo del lúpulo ya que también se trata de una Cannabaceae, dado que el cannabis recién está ingresando al mercado mundial y no cuenta con métricas propias. También se recalca que el cálculo del  $ET_o$  se lo hizo en el paso anterior.

### 1.1.2.2. Datos específicos del cultivo

Este es uno de los apartados obligatorios de CROPWAT para el cálculo del componente verde de la huella hídrica. Se introdujeron datos de la profundidad radicular evaluados en la fase inicial, media y final, no se sacrificaron ejemplares ya que previamente se halló una proporción respecto a la altura del tallo y la longitud de la raíz, se debe tener cuidado con esto ya que dicho valor puede estar en función de cada cultivo. También se agregaron datos de la altura del cultivo en la fase media y final. Del mismo modo, se investigaron los valores de agotamiento crítico [P], coeficiente del cultivo [Kc] y respuesta rendimiento [F]. Para el caso específico del campo coeficiente del cultivo [Kc] se trabajó con los valores del lúpulo del Manual de Evapotranspiración del cultivo.

### 1.1.2.3. Datos de tipo de suelo del cultivo

En CROPWAT se ingresaron los siguientes valores que requirieron procesos específicos de cálculo:

Humedad de suelo disponible total en mm/m: su cálculo consiste en la diferencia entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente del terreno, previo a ello se toman muestras de suelo para analizarlas por gravimetría (García et al. 2012, 9).

Tasa máxima de infiltración de precipitación expresada en mm/día: este apartado se calculó con el programa *SPAW model* [Anexo 7] con valores previamente obtenidos de un análisis físico del suelo [Anexo 8].

Profundidad radicular máxima: aquí se colocó la profundidad máxima a la que han llegado las raíces del cultivo según la experiencia del productor.

Agotamiento inicial de humedad del suelo: se lo halló con el programa *SPAW model*. Se encuentra en función de la estación climática y de la textura del suelo.

### 1.1.3. Huella hídrica azul

Como primer paso se cuantifica la cantidad de agua que se emplea para el riego, en este caso el proceso fue sencillo ya que tanto para la empresa Alfa como para Beta se emplean volúmenes de agua preestablecidos acorde a las condiciones hidrometeorológicas de cada zona. Una vez conocido el volumen empleado en el riego, se calculó el *uso de agua del cultivo azul [UAC azul]* según la ecuación 5 y finalmente se determinó la huella hídrica azul empleando la ecuación 3.

### 1.1.4. Huella hídrica gris

El componente gris únicamente fue calculado para la empresa Alfa, ya que esta empresa emplea insumos a través de fertirrigación, y únicamente en ese caso amerita realizar la cuantificación de la huella hídrica gris. El cálculo contempló el uso de la ecuación 4.

## 1.2. Huella de carbono

Para determinar la huella de carbono se empleó la calculadora *Cool Farm Tool* desarrollada por el conglomerado empresarial Unilever y la Universidad de Averdeen para estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>eq de las actividades agrícolas, para ello emplea los factores y protocolos de emisión de nivel 1 y nivel 3 del IPCC (Cool Farm Institute 2013,

2). La herramienta inicialmente fue testeada en 15 países analizando 16 cultivos, posteriormente se procesó la información de 6 cultivos en 7 países adicionales (Cool Farm Alliance 2023), actualmente cuenta con los siguientes campos para ejecutar el cálculo.

### **1.2.1. Información general**

Se introduce información relacionada al año del cultivo, superficie y rendimiento del cultivo (Cool Farm Alliance 2016).

### **1.2.2. Área de cultivo**

Los datos que pide el programa son los de área de cultivo y parámetros fisicoquímicos del suelo como textura, materia orgánica, humedad, drenaje y pH (Cool Farm Alliance 2016, 3).

La textura fue determinada a través de la jarra de Manson [Anexo 9] con la que se encuentra los porcentajes de arena limo y arcilla introduciendo una muestra de suelo en una botella transparente y hermética, a la que se la homogeniza con agua por 5 minutos y se la deja reposar durante tres días para que la muestra se separe en cada uno de sus componentes. Posteriormente, se mide con una regla cada una de las alturas de las tres primeras fases, que representan en este orden el contenido de arena, limo y arcilla; se las expresa en porcentajes y se ve en el triángulo textural a que categoría pertenecen. Por otro lado, la materia orgánica se determinó a través del método de calcinación, la humedad y drenaje fueron recabados en fuentes bibliográficas que abordan las características del suelo del lugar y finalmente al pH se lo obtuvo con equipos de laboratorio.

### **1.2.3. Tratamiento del cultivo**

Este apartado fue cubierto en conjunto con las personas a cargo del cultivo ya que aborda índices de aplicación de fertilizantes, tipo de fertilizantes y la aplicación de plaguicidas, así como también sus ingredientes activos.

### **1.2.4. Manejo de carbono**

En este campo es necesario colocar información de cambios del uso de suelo y cambios en las prácticas de labranza considerando para ello un periodo máximo de 20 años, junto con la proporción de terreno que ha sido modificada (Cool Farm Alliance 2016, 7). Estos datos fueron consultados directamente con las personas a cargo de la unidad productiva.

### 1.2.5. Energía y procesamiento

Esta sección cubre todos los aspectos relacionados al consumo de energía para las actividades agrícolas, ya sea el uso de combustible en los vehículos de arado, equipos de bombeo de agua o cualquier fuente de energía que demande el cultivo (Cool Farm Alliance 2016, 9). La información se recabó directamente con los productores.

### 1.2.6. Transporte

Aborda todos los aspectos relacionados al transporte de insumos requeridos para las actividades agrícolas y el transporte necesario para llevar los productos a sus sitios de distribución (Cool Farm Alliance 2016, 12). Se consultó al productor las distancias recorridas, el tipo de vehículo empleado y el tipo de combustible que usa a fin de que CFT pueda realizar el cálculo correspondiente.

## 1.3. Balance de CO<sub>2</sub>

El Balance de CO<sub>2</sub> presenta dos partes, primero el cálculo de la huella de carbono que es lo que se ha realizado en el paso anterior y por último la determinación de la cantidad de CO<sub>2</sub> que absorben las plantas en un ciclo de cultivo (Mota et al. 2011, 2).

La cuantificación de la cantidad de CO<sub>2</sub> que absorbe el cultivo de cannabis se la realizó al final de su ciclo tomando muestras representativas de materia vegetal que posteriormente fueron llevadas a un análisis de laboratorio en donde primero se determinó su peso fresco. Seguidamente, se las colocó en una estufa a 70°C durante un tiempo de 5 días acorde a la metodología para hortalizas de Mota et al. (2011, 11) para medir el peso seco de las muestras.

Las directrices de IPCC (2003, 68) sobre buenas prácticas de la tierra y la forestería señalan que para hallar la cantidad de carbono en la materia seca, esta debe ser multiplicada por un factor de 0.5, entonces nuestra ecuación se muestra de la siguiente manera (ver ecuación 8).

$$C = 0,5 * B \quad (9)$$

Fuente: IPCC (2003, 68)

Donde:

$C$  = cantidad de carbono expresada en [masa]

$B$  = peso seco de la muestra o biomasa expresada en [masa]

Ahora, para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> que absorbe el cultivo se emplea la expresión anterior y se la multiplica por el factor estequiométrico de 3,67 que es la relación molar entre el CO<sub>2</sub> y el carbono que contiene (Montero, Ruiz, y Muñoz 2006, 38), por lo que la ecuación definitiva sería la siguiente (ver ecuación 9).

$$captura\ CO_2 = C * 3,67 \quad (10)$$

Fuente: (Montero, Ruiz, y Muñoz 2006, 38).

Dicho de otra manera y de forma más visible quedaría como se muestra en la ecuación 10, considerando que es básicamente la misma que la ecuación 9.

$$captura\ CO_2 = 3,67 * 0,5 * B \quad (11)$$

Fuente: (Montero, Ruiz, y Muñoz 2006, 38)

Para continuar, el balance de carbono se establece como la diferencia entre la huella de carbono y la cantidad de CO<sub>2</sub> absorbida por el cultivo, los signos se colocarán positivo y negativo respectivamente, siendo el positivo el que señala un aporte de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, mientras que el negativo representa la captura del CO<sub>2</sub> atmosférico en el cultivo (Martín et al. 2020,4). La ecuación resultante es la siguiente (ecuación 11).

$$balanceCO_2 = HC - capturaCO_2 \quad (12)$$

Fuente: (Martín et al. 2020, 4)

Donde:

*balance CO<sub>2</sub>*: CO<sub>2</sub> liberado o capturado de CO<sub>2</sub> expresada en  $\left[ \frac{masaCO_2}{kg_{producto}} \right]$

*HC*: Huella de carbono del cultivo en  $\left[ \frac{masaCO_2}{kg_{producto}} \right]$

*captura CO<sub>2</sub>*: cantidad de CO<sub>2</sub> retenida por el cultivo expresada en  $\left[ \frac{masaCO_2}{kg_{producto}} \right]$

#### 1.4. Resiliencia socioecológica [resiliencia agrícola]

Los autores Henao, Altieri, y Nicholls (2015, 9) desarrollaron la *Herramienta didáctica para evaluar y manejar sistemas resilientes*, entendiéndolo por resiliencia la capacidad de un sistema para estabilizarse después de un evento adverso. Esta herramienta cuenta con un total de 21 indicadores, sin embargo no es necesario usarlos

todos al mismo tiempo, pueden ser modificados e incluso se pueden crear nuevos indicadores para que se ajusten a cada contexto (Coronel 2019, 33).

La recolección de datos se la hizo con las encuestas semiestructuradas de la herramienta didáctica antes mencionada, evaluando 3 etapas primordiales descritas a continuación (Henaó 2013, 87):

*Caracterización de evento climático adverso:* se identifican eventos climáticos adversos que se han manifestado en los últimos años, haciendo énfasis en su intensidad, frecuencia, duración y daño producido. Este apartado es netamente descriptivo, por lo que carece de indicadores.

*Estimación de vulnerabilidad:* en este apartado se miden indicadores relacionados con la pendiente, diversidad paisajística y erosión del suelo

*Estimación de la capacidad de respuesta:* los indicadores evaluados permiten entender las prácticas agrícolas que usan los productores para reducir el impacto de los eventos climáticos adversos, así como su capacidad para recuperarse en caso de haber sufrido daños.

A continuación, en la Tabla 1 se detallan los indicadores evaluados en la etapa de vulnerabilidad, mientras que los indicadores de la etapa de Capacidad de respuesta aparecen en la Tabla 2.

Tabla 1  
**Indicadores empleados para la estimación de la vulnerabilidad**

Indicador	Metodología
Pendiente	Se emplea un <i>nivel en A</i> o es suficiente la observación directa en caso de que el terreno sea homogéneo
Diversidad paisajística	Se evalúa el porcentaje de matriz boscosa comparándola con el área productiva
Capacidad de infiltración	Sobre una muestra de suelo se colocó un cilindro con un volumen conocido de agua y se midió su desplazamiento horizontal en mm/h
Compactación y costra superficial	Se evaluó la dureza del suelo desnudo al ser punzado por un alambre. Se verificó la presencia de costras superficiales después de las lluvias
Cárcavas y regueros	Se utilizó la observación directa para validar la presencia o no de estos fenómenos en donde la estabilidad del terreno es baja manifestándose como arrastres de tierra [regueros] o resquebrajamientos de la misma [cárcavas]

Fuente: Henaó, Altieri, y Nicholls (2015, 18-30)

Elaboración propia

Tabla 2  
**Indicadores empleados para la estimación de la capacidad de respuesta**

Indicador	Metodología
Cobertura vegetal viva o muerta	Con observación directa se verificó la presencia o no de cobertura vegetal viva o muerta en el suelo o sustrato utilizado
Barreras de vegetación (cercas y barreras vivas y barreras rompevientos)	Se evaluó la cantidad de barreras vivas existentes, así como su diversidad

Labranza de conservación	Se indagó sobre el tipo de labranza que se le da al suelo para que esté listo para recibir al cultivo, es decir si se realiza de forma manual o industrial
Prácticas para aumentar materia orgánica	Se cuantificaron las prácticas culturales que usa la empresa para aumentar o reponer la materia orgánica del suelo
Autoconsumo	Se evaluó cuanto de la producción agrícola de las fincas se destina para el consumo del personal
Autosuficiencia de insumos externos	Se identificó que tan dependiente es la finca de insumos externos como combustible, o nutrimentos para las plantas
Banco de semillas	Se cuantificaron las variedades de semillas o tejidos de propagación que disponen las fincas
Asociación de cultivos	Se contaron las especies que están asociadas en la unidad productiva

Fuente: Henao, Altieri, y Nicholls (2015, 34-54)

Elaboración propia

A más de los indicadores señalados por Henao, Altieri y Nicholls (2015) se incluyeron los siguientes que se consideraron pertinentes para el estudio en la fase de estimación de respuesta.

Tabla 3  
**Indicadores adicionales para la estimación de la capacidad de respuesta**

Indicador	Metodología
Genera empleo local	Se midió la cantidad de empleados que prestan servicios para la unidad productiva
Guía de buenas prácticas agrícolas	Se evaluó si la finca cuenta o no con una guía de buenas prácticas agrícolas interna o externa
Certificaciones ambientales	Se evaluó si la finca o su producción cuenta con algún tipo de certificación ambiental

Fuente y elaboración propias

En general cada indicador fue evaluado con un sistema tipo semáforo con la asignación de pesos para cada color. El verde corresponde a un valor ideal de 5 puntos, el naranja a 3 puntos, mientras que el rojo es el menor con tan solo 1 punto, en el Anexo 10 se puede ver en detalle el criterio de evaluación para cada uno acorde a Henao, Altieri, y Nicholls (2015, 15-59). El resultado final, igualmente se lo obtuvo con un sistema semáforo con el promedio de los indicadores por cada finca, pero con una pequeña modificación en la valoración para expresarla a través de rangos (tabla 4).

Tabla 4  
**Evaluación final de resultados**

Color	Situación	Valoración	Acción
Verde	Alta resiliencia	>4-5	Mantener el nivel de conservación y diversidad
Amarillo	Resiliencia media	>2-4	Debe incorporar prácticas sustentables (agroecológicas) para mejorar
Rojo	Baja resiliencia	1-2	Debe iniciar una conversión ecológica para mejorar

Fuente y elaboración propia: adaptada de Henao, Altieri, y Nicholls (2015, 12)



## Capítulo cuarto

### Análisis y discusión de resultados

#### 1. Resultados

##### 1.1. Huella hídrica de la empresa Alfa

Los resultados de la evaluación de la huella hídrica [tabla 5] para la empresa Alfa señalan que el parámetro de *agua verde* tiene un valor de cero debido a que el proceso de cultivo bajo invernadero se encuentra fuertemente aislado e impide que las plantas tengan contacto con la lluvia y humedad ambiental; una aclaración respecto a Alfa es que el predio no cuenta con canales de riego pertenecientes a la red de usuarios de la junta de agua, por ello, la empresa ha diseñado su propio sistema de recuperación de agua de lluvia [considerando que las lluvias del sector son escasas], la que es almacenada en reservorios a nivel del suelo y posteriormente suministrada en forma de riego. Como se ve el agua de lluvia de Alfa no ingresa en la cuantificación de la huella hídrica verde, sino únicamente en la huella hídrica azul correspondiente al gasto por riego.

Por otro lado, la *huella hídrica azul* [agua suministrada mediante riego] arroja un valor de 1.087 m<sup>3</sup>/kg de producto [Anexo 11]; La *huella hídrica gris* [Anexo 12] refleja un valor de 0.262 m<sup>3</sup>/kg de producto, ya que la aplicación de agroinsumos es relativamente baja y en este caso se han empleado fertilizantes compuestos como NPK, siendo el más representativo y empleado para el cálculo el nitrógeno en forma de nitrato. Como resultado total de la huella hídrica agrícola [Anexo 13] de la empresa, una vez adicionado el componente verde, azul y gris se tiene un valor de 1.349 m<sup>3</sup>/kg de producto.

Tabla 5  
**Huella hídrica de la empresa Alfa**

Parámetro	Huella hídrica verde	Huella hídrica azul	Huella hídrica gris	Huella hídrica total
Unidades	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$
Resultados	0	1.087	0.262	1.349

Fuente y elaboración propias propia

De forma visual se puede entender que de la totalidad de la huella hídrica su componente verde representa un 0 %, el azul es el que más aporta a la huella con un valor del 80.583 % y, por último, el componente gris que alcanza los 19.417% [figura 9].

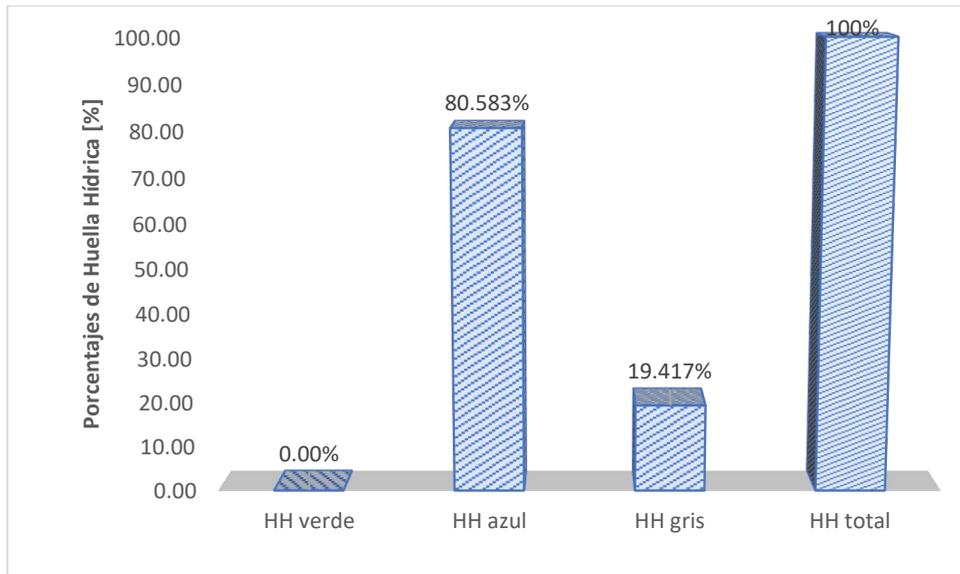


Figura 9. Porcentaje de cada componente de la HH de la empresa Alfa  
Fuente y elaboración propias

## 1.2. Huella hídrica de la empresa Beta

Para el caso de la empresa Beta se describe a continuación cada componente de la huella hídrica. Para empezar la huella hídrica verde [Anexo 14 y 15] que es el aporte de las lluvias al cultivo, presenta un patrón heterogéneo en los meses de agosto a noviembre [figura 10] siendo el mes de mayor aportes octubre y el de menor aportes noviembre. Por tratarse de un sitio caracterizado por ser mayormente seco, el aporte de este componente es de 0,402 m<sup>3</sup>/kg de producto al total de la huella hídrica [tabla 6].

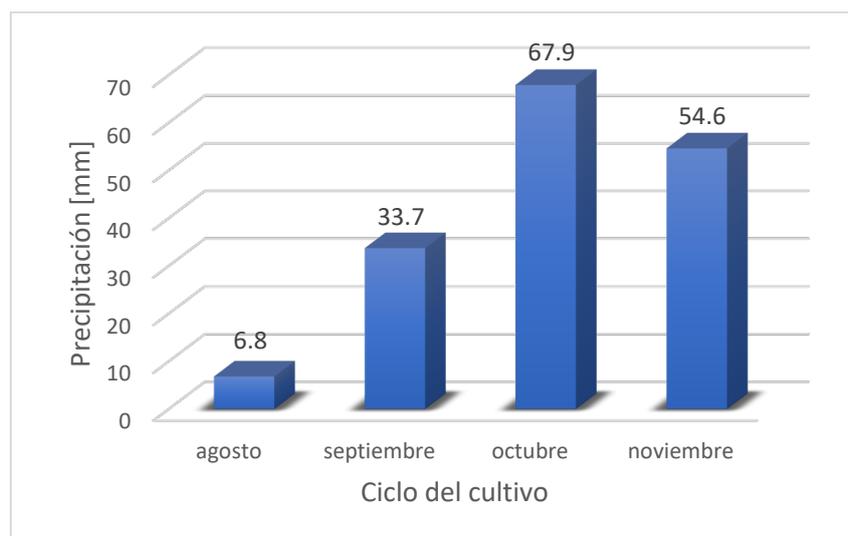


Figura 10. Distribución de lluvias del cultivo  
Fuente y elaboración propias

La huella hídrica azul [procedimiento de cálculo Anexo 16] cuyo aporte proviene exclusivamente del agua de riego es la que más destaca debido a su cuantía, representando casi toda la huella hídrica del cultivo. Una de las razones por las que su componente azul se encuentra relativamente elevado es porque la localidad presenta baja humedad relativa, con abundantes horas de sol y suelos bien drenados de tipo francoarenosos, lo que influye en una mayor pérdida de humedad por evapotranspiración, por ello el riego se suministra de forma constante.

Por último, se realizó el cálculo de la huella hídrica total [Anexo 17] que asciende a 1.561 m<sup>3</sup>/kg, cabe mencionar que para Beta el aporte de la huella hídrica gris tiene un valor de cero dado que no se emplean agroinsumos por fertirrigación o en diluciones de agua [tabla 6].

Tabla 6  
**Huella hídrica de la empresa Beta**

Parámetro	Huella hídrica verde	Huella hídrica azul	Huella hídrica gris	Huella hídrica total
Unidades	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$	$\frac{m^3}{kg_{producto}}$
Resultados	0.402	1.158	0	1.561

Fuente y elaboración propias

De forma porcentual el componente verde representa el 25.7 % de la totalidad de la huella, el gris es de 0 %, mientras que el componente mayoritario es el azul alcanzando el 74,2 % del total [figura 11].

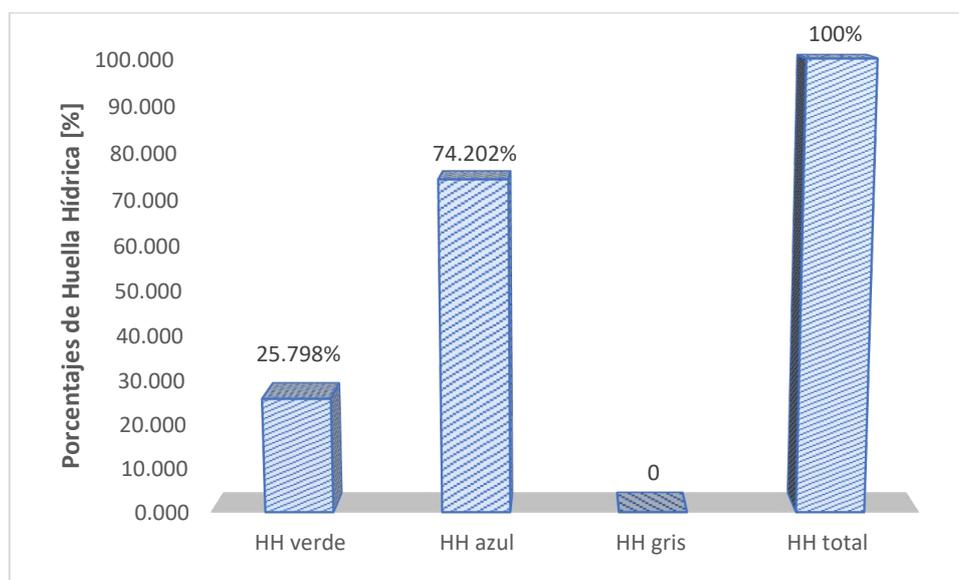


Figura 11. Porcentaje de cada componente de la HH de la empresa Beta  
Fuente y elaboración: propias

### 1.3. Huella de carbono empresa Alfa

Se calculó la huella de carbono de todo el ciclo del cultivo [tabla 7] y también sus fracciones en función de cada planta, superficie y producto, esta última es la más representativa en cuanto al impacto ambiental, ya que señala que por cada kilogramo de producción son emitidos a la atmósfera 3,73 kgCO<sub>2</sub>eq.

Tabla 7  
**Huella de carbono de la empresa Alfa**

Parámetros	HC/planta	HC/superficie	HC/producto	HC Total
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	0.588	0.69	3.73	617.01

Fuente y elaboración propias

Dentro de la huella de Carbono de la empresa Alfa, cabe señalar que su proceso productivo es semiindustrial, con condiciones artificiales que simulan el hábitat ideal del cultivo, por ello tiene una demanda elevada de energía llegando a ocupar ventiladores y luz artificial de alimentación eléctrica y un equipo de bombeo de agua que consume gasolina. A más del componente energético, también se evaluó la gestión de residuos, producción uso de fertilizantes, gestión del suelo junto con la fertilización y el transporte realizado por la empresa para ejecutar actividades relacionadas al cultivo tal y como se muestra en la figura 12.

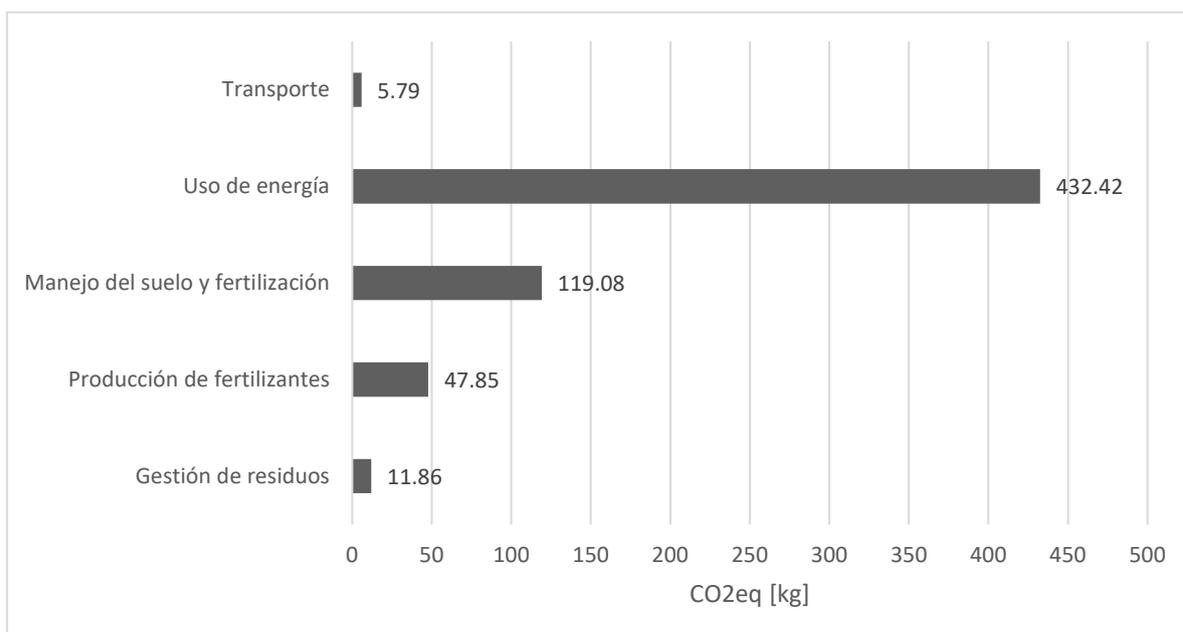


Figura 12. Evaluación de la HC por cada fuente de la empresa Alfa  
Fuente y elaboración propias

#### 1.4. Huella de carbono empresa Beta

Al igual que el caso anterior, se calculó la huella de carbono total del ciclo de cultivo y a su vez se la expresó en función de cada planta, del área y de cada kilogramo de producción [tabla 8]. Lo que destaca de este cálculo es que cada planta cultivada emite una cantidad de 0,051kg de CO<sub>2</sub>eq a la atmósfera, un valor relativamente bajo que da un indicio del impacto ambiental de este proceso productivo.

Tabla 8  
Huella de carbono de la empresa Beta

Parámetros	HC/planta	HC/superficie	HC/producto	HC Total
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	0.051	0.14	0.34	161.53

Fuente y elaboración propias

Al ser un cultivo a campo abierto se aprovechan los factores ambientales como el viento para fortalecer el soporte somático de las plantas, la lluvia y la humedad natural y obviamente la luz solar requerida para los procesos metabólicos del cultivo, no obstante, el consumo energético en forma de combustible para la bomba del sistema de riego es la que dispara la huella de carbono de la empresa Beta [figura 13].

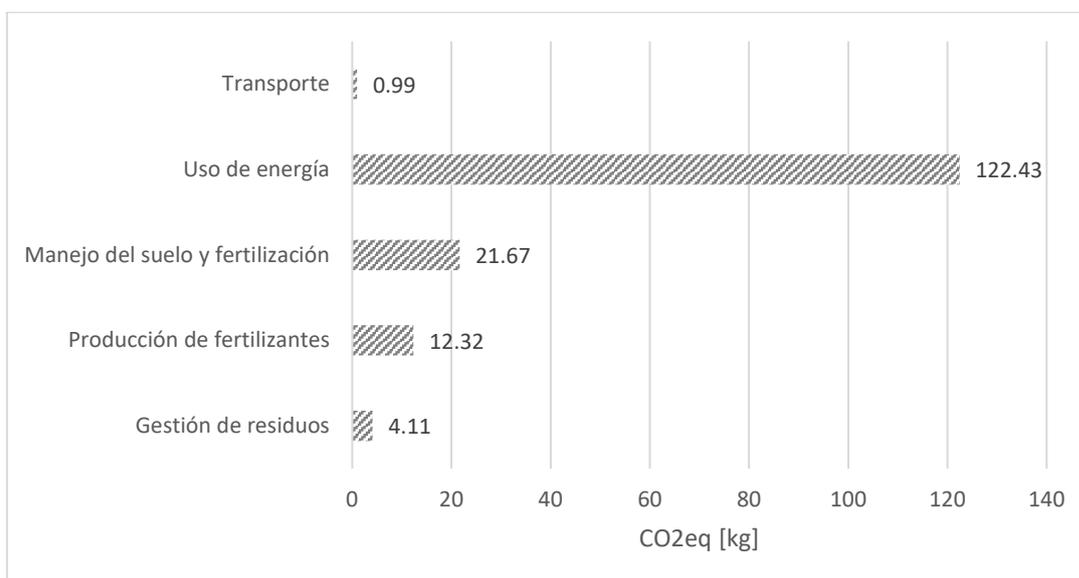


Figura 13. Evaluación de la HC por cada fuente de la empresa Beta  
Fuente y elaboración propias

#### 1.5. Balance de CO<sub>2</sub> empresa Alfa

El primer paso que se dio para determinar el balance de CO<sub>2</sub> es el cálculo de la cantidad que es capturada por el proceso productivo [tabla 9]. La captura de CO<sub>2</sub> [procedimiento

en el Anexo 18] en palabras simples significa las emisiones evitadas de CO<sub>2</sub>, es por ello que de forma gráfica se la representa con valores negativos.

Tabla 9  
Captura de CO<sub>2</sub> de la empresa Alfa

Parámetros	Captura de CO <sub>2</sub> por planta	Captura de CO <sub>2</sub> por superficie	Captura de CO <sub>2</sub> por producción	Captura total de CO <sub>2</sub>
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	0.271	0.316	1.72	284.767

Fuente y elaboración propias

Posteriormente, se realizó el balance de CO<sub>2</sub> [tabla 10] contrastando cada componente con los valores de la huella de carbono [figura 13].

Tabla 10  
Balance de CO<sub>2</sub> de la empresa Alfa

Parámetros	Balance de CO <sub>2</sub> por planta	Balance de CO <sub>2</sub> por superficie	Balance de CO <sub>2</sub> por producción	Balance total de CO <sub>2</sub>
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	0.316	0.373	2.009	332.242

Fuente y elaboración propias

De la figura 14, se aprecia que el balance de CO<sub>2</sub>, es el resultado de la diferencia de la huella de carbono menos la captura de CO<sub>2</sub> de cada componente [procedimiento en el Anexo 19]. El balance se muestra bastante alentador en términos de emisiones de carbono, es por ello que casi llega a ser *cero* en el análisis por planta, superficie y producción, sin embargo, lo que sucede con el balance total es que las pequeñas cantidades de CO<sub>2</sub>eq de los componentes mencionados se van adicionando y eso se refleja en un valor de emisiones de 332.242 kgCO<sub>2</sub>eq del ciclo productivo.

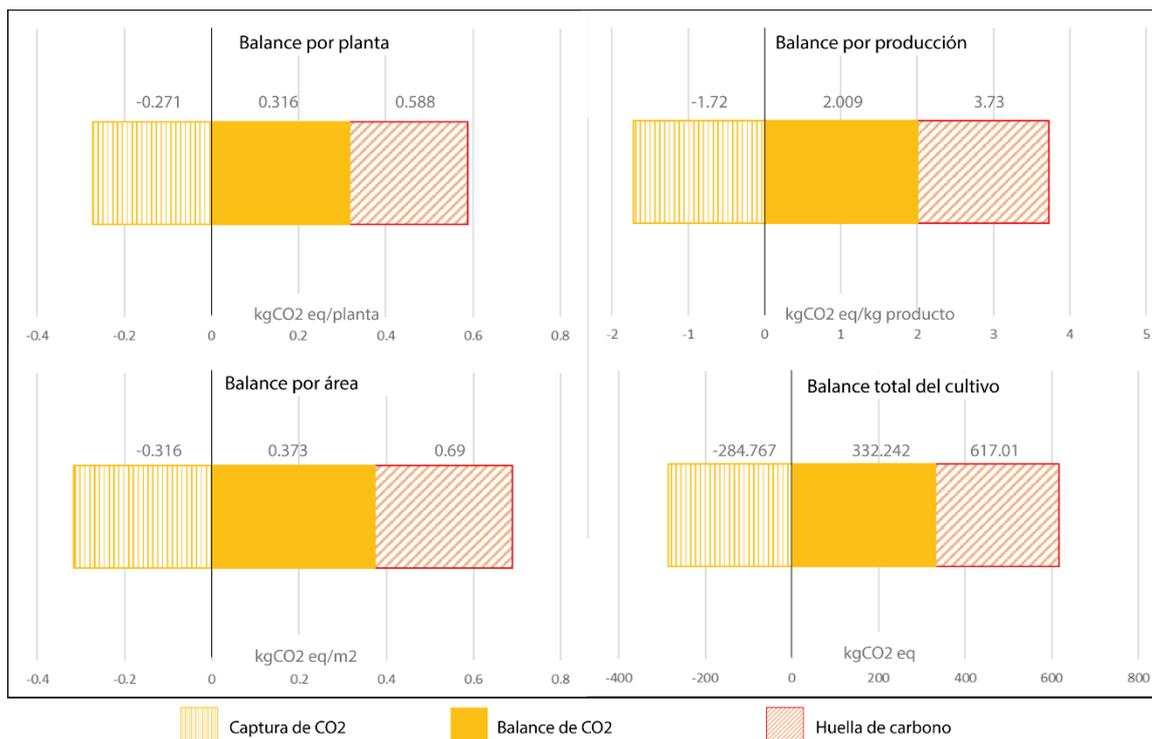


Figura 14. Balance de CO<sub>2</sub> por componente [empresa Alfa]  
Fuente y elaboración propias

### 1.6. Balance de CO<sub>2</sub> empresa Beta

El balance de CO<sub>2</sub> es un balance de masas típico, por ello se debe calcular la captura de CO<sub>2</sub> que realiza el cultivo [tabla 11]. Cabe mencionar que la captura de CO<sub>2</sub> por planta de la empresa *Beta* es bastante similar a la de la empresa *Alfa*, aunque ligeramente superior [procedimiento de cálculo Anexo 20].

Tabla 11  
Captura de CO<sub>2</sub> de la empresa B

Parámetros	Captura de CO <sub>2</sub> por planta	Captura de CO <sub>2</sub> por superficie	Captura de CO <sub>2</sub> por producción	Captura total de CO <sub>2</sub>
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	0.275	0.742	1.835	862.083

Fuente y elaboración propias

El balance es favorable para esta empresa [tabla 12], ya que en todos los campos se obtienen valores negativos, lo que quiere decir que el cultivo absorbe más CO<sub>2</sub> del que demanda el proceso productivo [cálculo del balance Anexo 21].

Tabla 12  
**Balance de CO2 de la empresa Beta**

Parámetros	Balance de CO2 por planta	Balance de CO2 por superficie	Balance de CO2 por producción	Balance total de CO2
Unidades	$\frac{kgCO_2eq}{planta}$	$\frac{kgCO_2eq}{m^2}$	$\frac{kgCO_2eq}{kg_{producción}}$	$kgCO_2eq$
Valores	-0.223	-0.602	-1.495	-700.553

Fuente y elaboración propias

En términos ambientales es un proceso eficiente y el cultivo podría llegar a ser catalogado como sumidero de carbono, algo que particularmente llama la atención es que por cada kilogramo de producción tiene un balance de -1.495 kg de CO2eq [figura 15], se recalca que el signo es negativo porque esa es la cantidad que se evita emitir a la atmósfera ya que es metabolizada por cada planta.

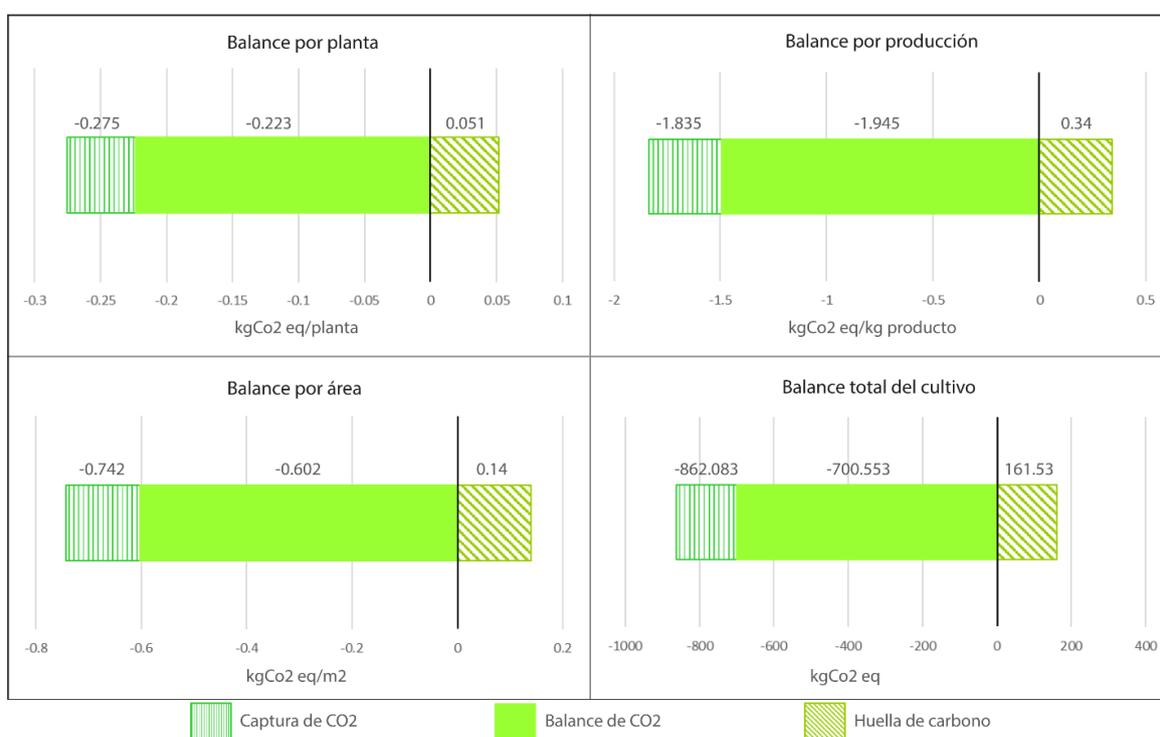


Figura 15. Balance de CO2 por componente [empresa Beta]

Fuente y elaboración propias

Al analizar el balance total del cultivo, se aprecia la enorme compensación de CO2 existente por su captura, debido a ello se puede señalar que existe una absorción neta de CO2eq de 700.533 kg. Este resultado se ve influenciado inicialmente porque la huella de carbono que presenta el cultivo es relativamente baja por emplear prácticas de baja demanda de energía; la densidad de siembra también ayuda a capturar más CO2; por

último, la masa que alcanzan las plantas también es un factor decisivo, ya que, a mayor masa, mayor captura de CO<sub>2</sub>.

## 1.7. Resiliencia socioecológica de la empresa Alfa

### 1.7.1. Caracterización del evento climático adverso

Alfa se encuentra en una parroquia vulnerable a las sequías (CONSTRUSAT 2020, 194), a ello hay que añadirle que el déficit hídrico que presenta la parroquia impide que 99.4 hectáreas reciban riego de los sistemas tradicionales (52), estas características pueden perjudicar la producción agrícola de Alfa.

### 1.7.2. Medición de la vulnerabilidad

Se evaluaron los 5 indicadores descritos en la metodología [tabla 13], en general se obtuvo un resultado favorable. La pendiente del predio se ha modificado hasta ser prácticamente uniforme debido a procesos productivos anteriores. La pendiente recibe una calificación de cinco puntos ya que es menor al 20%, hecho que protege al suelo de procesos erosivos del viento y la lluvia, como arrastre de material y escorrentía superficial respectivamente.

El único que recibió una calificación de un punto fue el de diversidad paisajística ya que el predio de la empresa Alfa fue intervenido mucho tiempo antes de que esta inicie sus actividades en el lugar, por lo que las únicas especies arbóreas que conserva son escuetos remanentes de lo que en otrora fue un bosque; a más de ello la matriz es netamente agrícola, mientras que las especies arbóreas se ubican a manera de rompevientos en el franco este de la empresa en donde su extensión es sumamente reducida.

Tabla 13

#### Medición de la vulnerabilidad de la empresa Alfa

Indicador	Evaluación		
	Verde 5	Amarillo 3	Rojo 1
Pendiente	x		
Diversidad paisajística			x
Capacidad de infiltración	x		
Compactación y costra superficial		x	
Cárcavas y regueros		x	

Fuente y elaboración propias

De forma gráfica los resultados se visualizan en la figura 16.

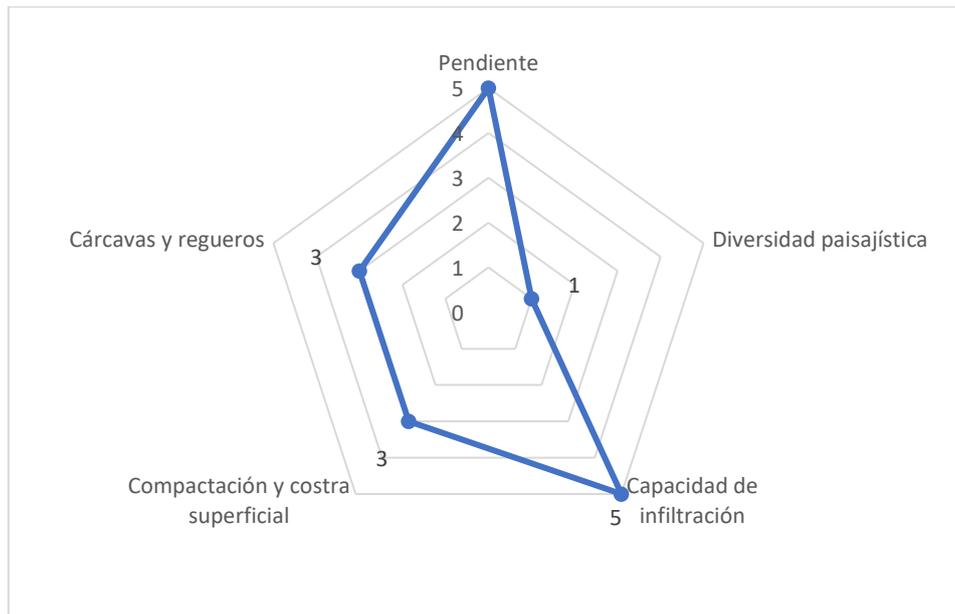


Figura 16. Valoración de los indicadores de vulnerabilidad de la empresa Alfa  
Fuente y elaboración: propia

Otro de los subindicadores en recibir la máxima calificación, es la *capacidad de infiltración del suelo*, ya que en la finca elaboran el sustrato con el que se desarrolla el cultivo de cannabis, de esta manera se evitan fugas en el riego a través de escorrentía.

Respecto a la compactación del suelo y a la formación de costra superficial, es pertinente señalar que estas se relacionan con el nivel de erosión del suelo. Por tratarse de un sitio que anteriormente ya fue intervenido y por las propias condiciones meteorológicas han sido valoradas con tres puntos. A más de ello se realizó una prueba de punción del suelo en diferentes puntos, con lo que se validó que el suelo no presenta mayor resistencia, por lo que se puede señalar que el suelo presenta un grado de compactación medio.

Por último, la vulnerabilidad se cierra con la evaluación de *cárcavas regueros*, que para este caso son fenómenos prácticamente nulos, no obstante, se evidencian pequeños regueros hacia la periferia del predio que podrían ser producto del impacto de lluvias en suelos desprotegidos.

### 1.7.3. Medición de la capacidad de respuesta

En total se evaluaron 11 subindicadores [tabla 14], cabe señalar que la calificación de 1 punto es la de mayor frecuencia, sobre todo en aquellos que fueron diseñados específicamente para este estudio como son los descritos a continuación: en *generación*

*de empleo local* obtiene la calificación mínima ya que el personal técnico que labora en plantación no pertenece al lugar, sin embargo, de forma ocasional la empresa contrata una o dos personas para que apoye en la poda selectiva de las plantas por unas cuantas horas. Del mismo modo, los subindicadores de *guía de buenas prácticas agrícolas* y *certificaciones ambientales* han sido calificadas con un solo punto, dado que actualmente la unidad productiva carece de esos elementos, a pesar de ello han señalado que esperan obtenerlas a futuro ya que les permitiría ingresar a mercados internacionales. La calificación mínima también se presenta en el subindicador *asociación de cultivos*, dado que la producción cannábica aún se encuentra en su fase experimental, por lo que los productores en general van probando diversas técnicas de cultivo a fin de maximizar su producción, a pesar de ello la unidad productiva ha destinado espacios específicos para otro tipo de cultivos como el de arándano y el de maíz. Finalmente, se califica con un punto a la *autosuficiencia de insumos externos*, dado que casi todos los implementos provienen de fuera de la finca como por ejemplo las bolsas de siembra, nutrimentos y energía, sin embargo, los esquejes se producen dentro de la plantación y actividades como la preparación del sustrato también se realizan in situ.

Tabla 14  
**Medición de la capacidad de respuesta de la empresa Alfa**

Indicador	Evaluación		
	Verde 5	Amarillo 3	Rojo 1
Cobertura vegetal viva o muerta	x		
Barreras de vegetación (cercas y barreras vivas y barreras rompevientos)		x	
Labranza de conservación	x		
Prácticas para aumentar materia orgánica		x	
Autoconsumo		x	
Autosuficiencia de insumos externos			x
Banco de semillas/tejidos	x		
Asociación de cultivos			x
Genera empleo local			x
Guía de buenas prácticas agrícolas			x
Certificaciones ambientales			x

Fuente y elaboración propias

Dentro de los subindicadores calificados con tres puntos se encuentra *barreras de vegetación* dado que, el remanente arbóreo que presenta se ubica en flanco de la finca a manera de barrera, lo que evita el arrastre de partículas del suelo y reduce los procesos erosivos. En *prácticas para aumentar la materia orgánica* se aplican microorganismos al

suelo para fijar materia orgánica, a más de ello también emplean composta elaborada en el lugar con una pequeña porción de residuos vegetales de la producción. El último indicador en ser calificado con tres puntos es el autoconsumo, pues mantienen una pequeña huerta en donde mayormente siembran maíz al cuál lo usan para el consumo interno.

Por otro lado, de forma gráfica [figura 17] se puede apreciar que los subindicadores mejor puntuados son el de *cobertura vegetal*, ya que emplean el rastrojo de cultivos anteriores para preparar los sustratos y más fibras vegetales para retener la humedad del cultivo; la *labranza de conservación* es de las más importantes dentro de sus prácticas agrícolas, ya que las actividades de laboreo se realizan completamente de forma manual sin el uso de maquinaria pesada, también enfatizan su funcionalidad en que se evita la destrucción de la textura del suelo y se reducen las emisiones de GEI ya que una mínima porción del carbón orgánico del suelo se oxida y forma CO<sub>2</sub>. Finalmente, en *banco de semillas o tejidos*, igualmente son bien puntuados dado que replican los tejidos de los mejores ejemplares gracias a que cuentan con la licencia tipo 1 de producción de semillas y tejidos.

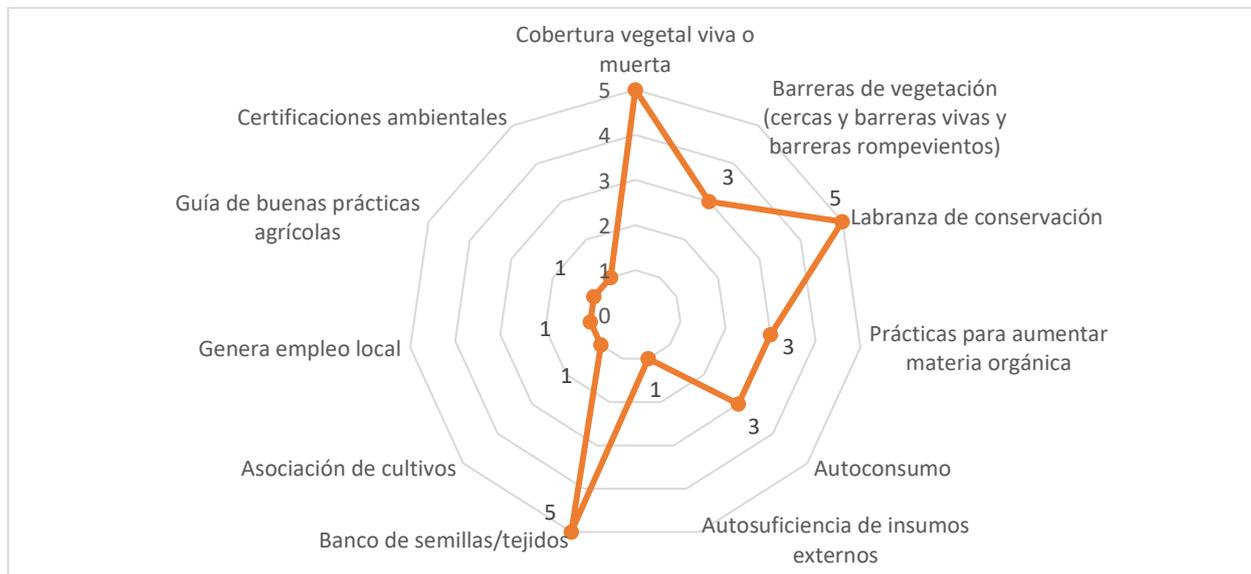


Figura 17. Valoración de los indicadores de capacidad de respuesta de la empresa Alfa  
Fuente y elaboración propias

#### 1.7.4. Evaluación final de la empresa Alfa

Su evaluación final ubica a la empresa en una resiliencia media con una calificación de 2.8 [tabla 15]. Puede iniciar acciones de mejora para mantener su nivel de resiliencia o aumentarlo.

Tabla 15  
Evaluación total de la empresa Alfa

Color	Situación	Valoración	Calificación	Acción
Verde	Alta resiliencia	>4-5	No aplica	Mantener el nivel de conservación y diversidad
Amarillo	Resiliencia media	>2-4	2.8	Debe incorporar prácticas sustentables (agroecológicas) para mejorar
Rojo	Baja resiliencia	1-2	No aplica	Debe iniciar una conversión ecológica para mejorar

Fuente y elaboración propias

## 1.8. Resiliencia socioecológica de la empresa Alfa

### 1.8.1. Evaluación final de la empresa Alfa

Se ha determinado que el riesgo climático de la parroquia en la que se asienta Beta tiene un nivel de afectación alto, sobre todo en zonas de actividad agropecuaria (Feria et al. 2020, 29). Los moradores de lugar han expresado su preocupación por la ocurrencia de sequías y vendavales como parte de su percepción del riesgo (32) y esto es algo que no se aleja de la realidad, ya que se ha determinado que dichos eventos tienen una ocurrencia menor a 3 años y conllevan un nivel de amenaza elevado (34). Realizando un enfoque exclusivo a las actividades agrícolas, los riesgos asociados al clima en orden decreciente son la carencia de riego, sequías, heladas, plagas y otras no relacionadas [figura 18].

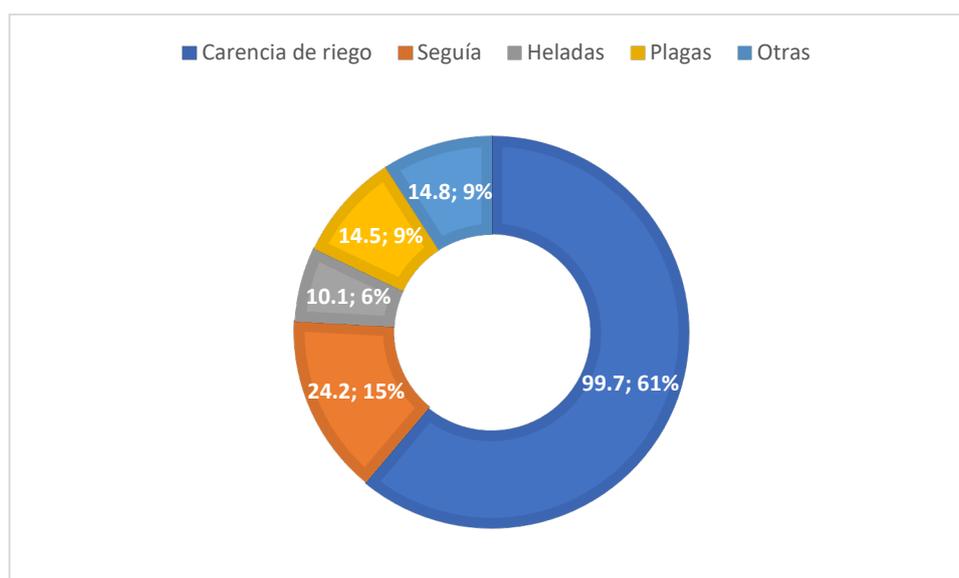


Figura 18. Riesgos agrícolas de la localidad de la empresa Beta  
Fuente: (Feria et al. 2020, 62). Elaboración propia

### 1.8.2. Evaluación final de la empresa Alfa

El predio de estudio ya ha tenido muchos proyectos agrícolas mucho antes de que se asiente la empresa Beta, por ello en la evaluación de indicadores [tabla 16] los peores puntuados con apenas 1 son la *diversidad paisajística*, dado que la matriz predominante es la del monocultivo de cannabis. La misma puntuación se presenta en el subindicador de *formación de cárcavas y regueros* debido a que el suelo mayormente se encuentra desprotegido o con vegetación escueta lo cual favorece el arrastre de material, no solamente por las aguas (causa principal), sino también por el viento; cabe mencionar que no se visualizan cárcavas, únicamente regueros que son el estado inicial de pérdida de material del suelo.

Tabla 16  
**Medición de vulnerabilidad de la empresa Beta**

Indicador	Evaluación		
	Verde 5	Amarillo 3	Rojo 1
Pendiente	x		
Diversidad paisajística			x
Capacidad de infiltración	x		
Compactación y costra superficial		x	
Cárcavas y regueros			x

Fuente y elaboración propias

En cuanto al subindicador de *compactación del suelo y la costra superficial*, el terreno tiene una dureza media, después de haber realizado la prueba de punción; por otro lado, no se evidencian costras superficiales dado que el suelo es franco arenoso, por lo que el agua se infiltra rápidamente y a nivel superficial la retención es mínima.

La finca cuenta con pendientes suavizadas, lo que resulta útil para que el sistema de fertiirrigación transporte agua por gravedad, con un mínimo consumo de energía artificial. y la capacidad de infiltración es la propicia para la variedad de cannabis que allí se cultiva, por ello estos indicadores han recibido las puntuaciones más altas tal y como se ve en la figura 19.



Figura 19. Valoración de los indicadores de vulnerabilidad de la empresa Beta  
Fuente y elaboración propias

### 1.8.3. Evaluación final de la empresa Alfa

Los 11 subindicadores evaluados arrojan una respuesta heterogénea, obteniendo 2 calificaciones de 5 puntos, tres de 3 puntos y la de mayor frecuencia de 1 punto en 6 subindicadores [tabla 17].

Tabla 17  
Medición de la capacidad de respuesta de la empresa Beta

Indicador	Evaluación		
	Verde 5	Amarillo 3	Rojo 1
Cobertura vegetal viva o muerta	x		
Barreras de vegetación (ceras y barreras vivas y barreras rompevientos)			x
Labranza de conservación		x	
Prácticas para aumentar materia orgánica	x		
Autoconsumo			x
Autosuficiencia de insumos externos		x	
Banco de semillas			x
Asociación de cultivos			x
Genera empleo local		x	
Guía de buenas prácticas agrícolas			x
Certificaciones ambientales			x

Fuente y elaboración propias

Las calificaciones que destacan corresponden a *cobertura vegetal* y *prácticas para aumentar la materia orgánica* [figura 20] ya que, en la finca los rastrojos de cultivos anteriores de cannabis se emplean como cobertura muerta para retener la humedad del suelo, mientras que para aumentar la materia orgánica emplean abono de cuy de productores locales.

Dentro de la calificación de tres puntos se encuentra *labranza de conservación* debido a que al finalizar cada ciclo de cultivo ingresa un tractor de arado y volteo, esto es combinado con labranza manual para preparar el suelo para la siembra. También en *autosuficiencia de insumos externos*, debido a que materiales como el rastrojo para la preparación del suelo, se lo obtiene de la misma unidad productiva, el abono de cuy igualmente proviene del sector, muchas veces por canje de rastrojo de cannabis para que los animales se alimenten, sin embargo, la semilla no puede ser replicada en el lugar ya que no cuentan con la licencia tipo uno para esa actividad en específico. El último indicador de tres puntos es el de *generación de empleo local*, ya que la unidad productiva da empleo a una persona a tiempo completo para que se encargue del cuidado y actividades agrícolas que demanda el cultivo.

Las calificaciones de 1 punto predominan debido al historial agrícola del predio mucho antes de que se instale la empresa Beta. En *barreras de vegetación*, no se aprecian especies que cumplan con este rol, motivo por el que obtiene la mínima calificación. Lo mismo sucede en *autoconsumo*, dado que toda la producción de cannabis se destina para fines industriales y la finca no cuentan con parcelas de otra producción para el consumo interno. En *banco de semillas*, se continúa con un punto ya que la unidad productiva no cuenta con la licencia de producción de semillas, por lo que no tiene permitido que las plantas se fecunden entre sí. Finalmente en los subindicadores de *guía de buenas prácticas ambientales* y *certificaciones ambientales*, no cuentan con ninguna de ellas, pero esperan obtenerlas a futuro cuando tecnifiquen el cultivo de la mejor manera posible y con mínimo impacto ambiental.

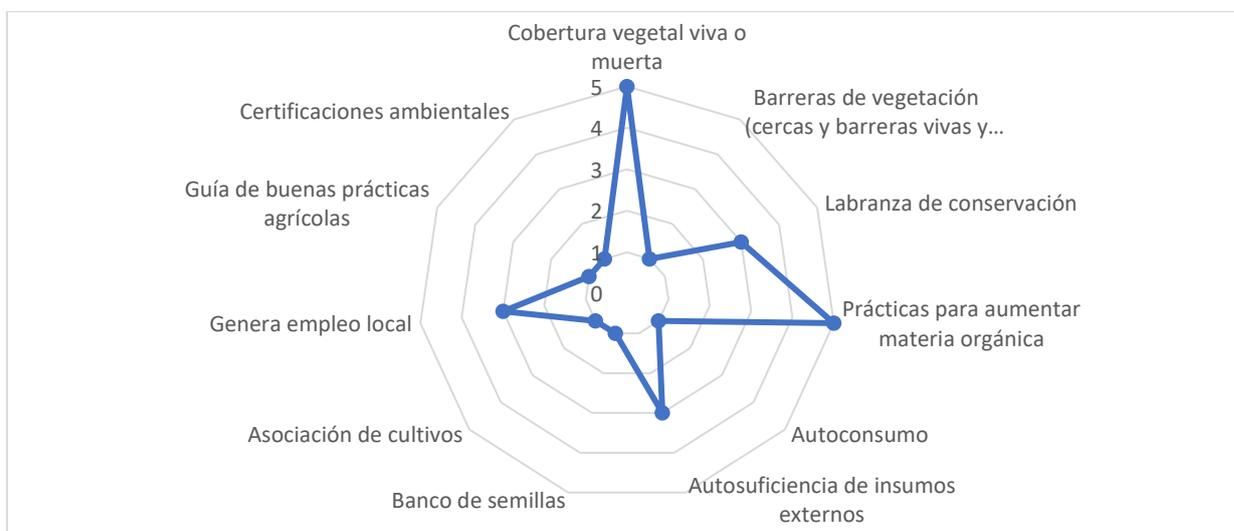


Figura 20. Valoración de los indicadores de capacidad de respuesta de la empresa Beta  
Fuente y elaboración propias

### 1.8.4. Evaluación final de la empresa Alfa

Una vez realizada la evaluación de todos los parámetros, el promedio de calificaciones de la empresa Beta es de 2.4, lo que quiere decir que se encuentra en un estado intermedio de resiliencia [tabla 18] y obviamente puede iniciar acciones de mejora.

Tabla 18  
Evaluación total de la empresa Beta

Color	Situación	Valoración	Calificación	Acción
Verde	Alta resiliencia	>4-5	No aplica	Mantener el nivel de conservación y diversidad
Amarillo	Resiliencia media	>2-4	2.4	Debe incorporar prácticas sustentables (agroecológicas) para mejorar
Rojo	Baja resiliencia	1-2	No aplica	Debe iniciar una conversión ecológica para mejorar

Fuente y elaboración propias

## 2. Discusión

### 2.1. Huella hídrica de Alfa versus Beta

Al comparar cada componente de ambos sistemas productivos se aprecia la forma en la que varía la totalidad de la huella hídrica [figura 21].

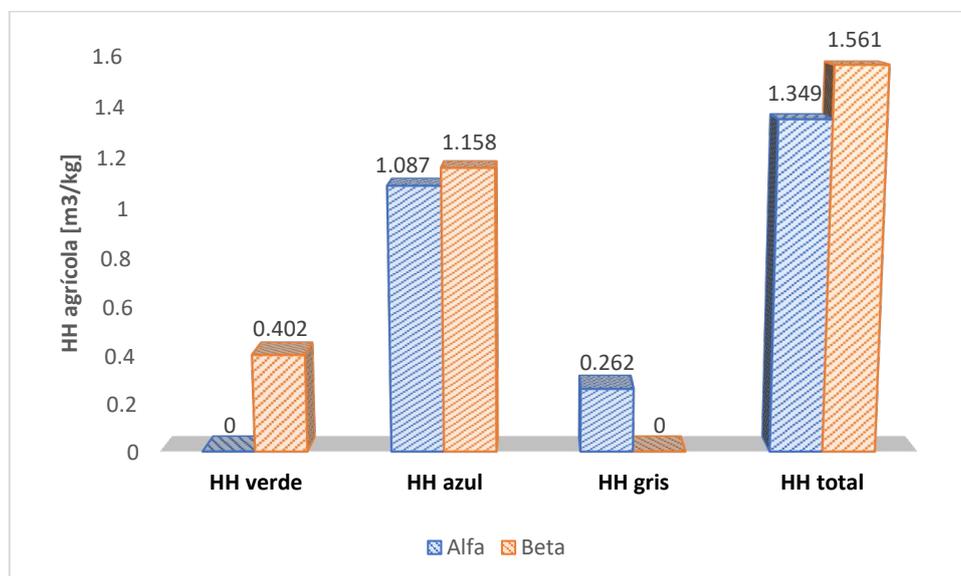


Figura 21. Comparación de la huella hídrica de Alfa y Beta

Fuente y elaboración propias

Los cultivos de ambas empresas tienen un comportamiento similar en cuanto a la demanda final de agua, las diferencias se encuentran al analizar cada componente. En el caso de Alfa, esta no consume agua de lluvia, sino que es canalizada para ser dosificada

a través de riego, por ello la *huella hídrica verde* fue calculada con un valor de cero; por su parte, Beta al mantener un cultivo a campo abierto recibe en este componente alrededor de 0.4 metros cúbicos. Otra diferencia sustancial se la encuentra en la *huella hídrica gris*, en donde Beta al no consumir agroinsumos a través del agua reporta un valor cero, mientras que Alfa debido a la tecnificación elevada de su cultivo sí los aplica a través del riego y es por ello que presenta un valor de 0.262 metros cúbicos por cada kilogramo de producción.

Realizando un enfoque solo al agua de riego del cannabis, las plantas de invernadero requieren aproximadamente 2.5 galones de agua por día y las que están a campo abierto 5.5 galones de agua por día (Wilson et al en Lozano y Ramos 2020, 9), lo que se traduce en una huella azul de 1.134 y 2.494 metros cúbicos respectivamente, datos que no se alejan de los cultivos evaluados en el estudio presente y de forma aproximada han recibido un poco más de 2.3 y 2.6 galones de agua por día para Alfa y Beta respectivamente. La razón por la que la Huella hídrica azul de Alfa es un poco menor se debe a la tecnificación de riego de la empresa, valores que igualmente se reflejan al final del ciclo de cultivo en la huella hídrica total, en donde Alfa termina con un gasto hídrico menor.

## **2.2. Huella de carbono de Alfa versus Beta**

Ya sea por planta, por superficie o por kilogramo de producción, la huella de carbono de Alfa es superior a la de Beta [figura 22], esto se debe a su nivel de tecnificación e industrialización del cultivo lo que implica una mayor demanda de energía, también cabe señalar que la huella de carbono total supera en 4 veces a la de Beta, pero si una de ellas es realmente representativa como para entender las emisiones de CO<sub>2</sub> de Alfa es la huella por producto ya que aquí Alfa supera casi en 11 veces a Beta, lo que quiere decir que por cada kilogramo de emisiones de Beta, Alfa estará emitiendo 11.

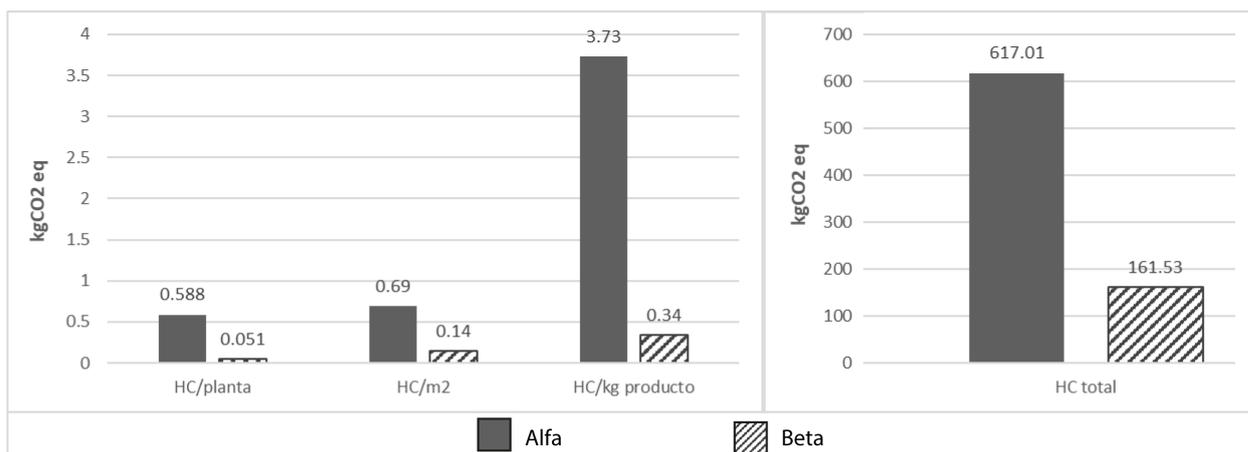


Figura 22. Comparativa de emisiones de la empresa Alfa y Beta  
Fuente y elaboración propias

La literatura reporta que en Estados Unidos en la localidad de California durante el boom del cannabis medicinal aumentó en 50 % el consumo energético de los hogares debido a la existencia de cultivos indoor [cultivos sumamente aislados, altamente demandantes de energía para alimentar dispositivos eléctricos como luz artificial, ventilación, etc], acto que causó una huella de carbono de 4.6 toneladas de CO<sub>2</sub> eq por cada kilogramo de producción (Mills 2012, 3). En el presente estudio, es precisamente el consumo de energía lo que hace que se eleve tanto la huella de carbono de cada empresa, afortunadamente los cultivos evaluados ni siquiera llegan a emitir una tonelada de CO<sub>2</sub>eq, por lo que distan de aproximarse al valor reportado por Mills, sin embargo, es un escenario que podría existir en caso de no tener el control ambiental suficiente sobre cada unidad productiva de cannabis a nivel nacional.

La huella de carbono de todo cultivo está en función de los métodos de producción empleados, así por ejemplo, un kilogramo de brócoli proveniente del sistema convencional tiene una huella de carbono de 178,53 kgCO<sub>2</sub>eq por cada kilogramo de producción (Chiluisa 2018); por otro lado, el negocio ilícito de drogas causa emisiones bastante notorias, por ejemplo, cada kilogramo de cocaína producido tiene una huella de carbono de 590 kgCO<sub>2</sub> eq (UNODC 2022).

Como se acaba de ver en el estudio realizado, la huella de carbono a invernadero es mucho más elevada que la de campo abierto debido a factores inherentes al manejo del cultivo, no obstante, los productores han sido enfáticos al mencionar que van a desarrollar su producción de la forma más limpia posible.

### 2.3. Balance de CO2 de Alfa versus Beta

El balance de CO2 permitió conocer cuánto es lo que realmente absorbe o emite cada cultivo en términos de CO2eq. Existe una diferencia muy grande entre el cultivo de Alfa y Beta, ya que mientras la primera en todo el ciclo arroja casi un tercio de tonelada de GEI, Beta absorbe casi el doble de emisiones de alfa. Por otro lado, por cada kilogramo de producción Alfa genera alrededor de dos kg de CO2eq, mientras que beta absorbe alrededor de 1.5 kg de CO2eq, es decir que Beta carece de emisiones de CO2eq y por lo tanto presenta un balance negativo como se puede apreciar en la figura 23.



Figura 23. Comparativa del balance de CO2

Fuente y elaboración propias

Los resultados de los diferentes balances que se han hecho con Alfa y Beta son una pequeña muestra de lo que puede suceder en cuanto a emisiones de CO2 con los cultivos de cannabis, dependiendo de las prácticas de cada empresa.

Fontán et al. (2008, 5) presenta balances para cultivos de ciclo corto y cada uno tiene su propia dinámica en cuanto a secuestro y emisiones de CO2eq, así por ejemplo menciona que el trigo tiene una emisión neta de 0.16 kgCO2eq/m2, sin embargo existen otros cultivos que como resultado de su balance tienen un secuestro neto de CO2, como es el caso del de haba con un valor de -24 kgCO2eq/m2 (4), recordando además que es muy similar a lo que sucede con el presente análisis del cannabis en donde Alfa presenta emisiones netas, mientras que Beta se comporta como un sumidero de CO2eq.

### 2.4. Resiliencia socioecológica de Alfa versus Beta

Tanto el cultivo de Alfa como el de Beta coinciden con las mismas calificaciones en el 50 % de los indicadores evaluados. El primer indicador evaluado se refiere al tipo

de pendiente, cuya importancia radica en conocer qué tan pronunciada está para entender su relación con procesos erosivos (Hincapié y Ramírez 2010, 2). Ambas empresas obtuvieron la calificación máxima en este apartado por ser inferior al 20 %, lo indica que de forma inicial los cultivos se encuentran protegidos contra factores erosivos y agotamiento de las propiedades del suelo.

El segundo subindicador evaluado fue la diversidad paisajística en donde se las calificó con apenas un punto. En general, la matriz predominante es la de actividades agropecuarias en torno a Alfa y Beta, ya que casi no cuentan con densidad arbórea y se ajusta al análisis de Angulo (2022, 30) que señala que Pedro Moncayo ha estado en una constante transformación agrícola y perdiendo sus áreas naturales en los últimos 24 años por lo que hoy por hoy el 30 % de su superficie es de régimen agrícola.

La capacidad de infiltración es otro de los subindicadores en el que ambas empresas son puntuadas con la máxima calificación debido a los formulados específicos para cada variedad de cannabis que manejan, según Coronel (2019, 49) es importante realizar actividades de laboreo para mantener en equilibrio la infiltración a fin de proteger al suelo de procesos de pérdida de calidad.

El indicador de compactación de suelo recibió la calificación intermedia dado que son suelos de baja porosidad. En el caso de la empresa Beta el resultado concuerda con la investigación de Lanchimba (2014, 79) que evidencia que suelos de la parroquia apenas alcanzan una porosidad de 32 %, por lo tanto hay un mayor nivel de compactación, lo que disminuye el desarrollo radicular y aireación del cultivo (Henaó, Altieri, y Nicholls 2015, 28), razón por la que los agricultores invierten más energía y mano de obra para brindar condiciones idóneas al suelo.

Tanto en Alfa como Beta se emplean técnicas que son de origen agroecológico [sin necesidad de que las empresas se definan como tal]. Alfa elabora sustratos para siembra con diferentes fibras vegetales, mientras que Beta emplea el rastrojo del cannabis como cobertura muerta para evitar la pérdida de humedad del suelo y reducir su exposición a la erosión; es por ello que en este subindicador se evaluó con la calificación máxima. En el análisis de resiliencia agrícola de Coronel (2019, 44) se evidencia que los agricultores emplean coberturas muertas sin ser conscientes de los beneficios derivados de ello, totalmente distinto a lo realizado por Alfa y Beta como una medida para cuidar el suelo.

Existen dos subindicadores más que se relacionan con una mayor probabilidad de erosión. El primero, el de barreras de vegetación [figura 24], es ligeramente mayor en

Alfa, en donde las especies se disponen a modo de división dentro de la zona del cultivo y flanqueando cada uno de los lados del predio, esto repercute de forma favorable para que se atenúe la formación de cárcavas y regueros [segundo indicador]. Beta, carece de barreras, lo que implica una mayor exposición a factores ambientales que puedan erosionar el suelo. En términos de resultados no es algo muy alarmante, ya que Henao (2013, 89) manifiesta que los cultivos convencionales en Colombia tienen un 205 % menos de barreras de vegetación en comparación con cultivos agroecológicos, además al igual que Beta reciben en promedio a penas un punto de calificación.

Respecto al autoconsumo [figura 24], Alfa ha destinado parcelas para la siembra de maíz y arándanos a fin de diversificar su producción, las que son empleadas también para el consumo interno, por ello obtuvo una calificación de tres puntos, relativamente cercana a la calificación de 3.8 de productores agroecológicos en el mismo subindicador (Coronel 2019, 73). Beta carece de una producción diversificada, por lo que ha sido puntuada con lo mínimo, lo que concuerda con el estudio de Henao (2013, 89) en donde los cultivos convencionales reciben la misma calificación en dicho subindicador.

La generación de empleo local en estas empresas es bajo por el momento porque a nivel comercial la cannabicultura aún no termina de despegar considerando que van casi tres años de haber sido aprobado el reglamento cannábico nacional, no obstante Ramírez (2019, 31), mediante un análisis a la producción colombiana sostiene que este negocio en auge tiene la capacidad de generar 17.3 empleos mayormente de la ruralidad por cada, hectárea con una proyección a casi 27000 empleos para el 2030, lo que se muestra como un escenario alentador para la producción ecuatoriana.



Figura 24. Resumen de indicadores de explicación corta  
Fuente y elaboración propia

En los subindicadores de obtención de una guía de buenas prácticas agrícolas y certificaciones ambientales [figura 24], los productores han señalado que esperan obtenerlas a corto tiempo en el futuro, pero la situación a nivel de país no es clara en cuanto al aspecto ambiental, por tal motivo no están obligadas a someterse a dichos procesos.

## 2.5. Impacto nacional

Este estudio ha analizado el aspecto socioambiental en unidades productivas inferiores a una hectárea con distintos resultados para un sistema artesanal tendiente a la producción orgánica y de un sistema semiindustrial que incluye varias prácticas agroecológicas. Por el momento es difícil inferir el impacto nacional, considerando sobre todo que actualmente existen 152 licencias para cultivo (Ministerio de Agricultura y Ganadería 2023) cuyas prácticas en términos socioambientales no han sido declaradas ni cuantificadas porque la normativa nacional no lo exige en ninguna parte de la ley.

En los próximos años cuando el negocio del cannabis finalmente pueda ingresar al mercado mundial, los impactos socioambientales serán más palpables, ya que se espera que los licenciatarios adopten un modelo de agrícola industrial con superficies mínimas que oscilen entre las 2 y 5 hectáreas, por lo que los indicadores hallados en este estudio contrastarán drásticamente sino se toman las medidas necesarias para que los cultivos se vuelvan verdaderamente sustentables.

## Conclusiones y recomendaciones

### Conclusiones

A nivel normativo, se promueve el monocultivo de cannabis desde el AM 109 MAG, sin embargo, los casos analizados integran prácticas agroecológicas en mayor o menor medida de forma voluntaria para maximizar el bienestar de su cultivo y reducir costos. Por otro lado, el monocultivo con todo lo que implica la ley [tenencia mínima de 2 a 5 hectáreas], desplaza a los pequeños productores que años atrás ya venían trabajando con el cultivo, esto debido a que la tenencia de tierra se concentra en pocas manos y no se puede acceder a la superficie mínima, lo que según declaraciones de la Dirección Distrital del MAG Tungurahua (2023, entrevista personal) se acentúa más en provincias como Tungurahua y Cotopaxi que históricamente se fragmentaron en minifundios.

La sustentabilidad que aporta el AM 109 MAG es relativamente baja, dado que no cuenta con parámetros ambientales. La norma fue estructurada desde grupos de trabajo del sector industrial con escaso conocimiento en materia ambiental (Jorge Calvo, entrevista personal, 2023). No obstante, las normas transversales como la LOSA y la LOASFAS contienen lineamientos importantes que podrían asegurar la sustentabilidad del cultivo, el problema es que por el momento no existen mecanismos de articulación que las vinculen con el AM 109 MAG.

De la investigación normativa, también se concluye que el hecho de que el país se encuentre dentro del convenio UPOV y que no cuente con barreras de protección frente a él, implica que Ecuador por su posición privilegiada se convierta en un sitio de reproducción de nueva genética cannábica, la de características *ecuatoriales* [por así decirlo], sin embargo, lo más probable es que quienes reclamen derechos sobre las nuevas adaptaciones de la semilla sean las certificadoras internacionales. En retrospectiva, la agricultura nacional en su trabajo de adaptación del cannabis, simplemente servirá para maximizar los derechos de propiedad intelectual de quienes poseen las patentes originales de las semillas.

El presente trabajo de investigación evaluó dos sistemas de cultivo de cannabis, por una parte, el de la empresa Alfa bajo invernadero de tipo semiindustrial y por otro, el de la empresa Beta a cielo abierto de tendencia artesanal. Al compararlos arrojan

resultados esperados, así por ejemplo en cuanto a la huella hídrica ambos tienen casi el mismo valor, sin embargo, es el cultivo semiindustrial el que tiene un ligero ahorro en gasto de agua, así que aquí lo que prima es la tecnificación del cultivo como un componente que puede ayudar a reducir el consumo excesivo de recursos.

Al analizar la resiliencia de Alfa y Beta, arrojan resultados similares, lo que nos señala que los dos cultivos tienen comportamientos similares en cuanto a capacidades y vulnerabilidades frente a eventos climáticos, hecho que se ve influenciado porque sus cultivos son nuevos en el lugar en el que cada uno se encuentra y ocupan predios que ya han sufrido explotaciones agrícolas anteriores. No obstante, la protección, manejo y diversidad de cultivos en Alfa es la que hace tenga una calificación ligeramente mayor a la de Beta.

En cuanto a las emisiones de CO<sub>2</sub>eq, Alfa por ser semiindustrial resulta más contaminante que Beta por mucho, lo que se explica a través del consumo energético de la empresa para el cuidado del cultivo. La huella de carbono elevada de Alfa repercute en su balance de CO<sub>2</sub>e consolidándose como un emisor de CO<sub>2</sub>eq neto, mientras que Beta resulta ser un sumidero de CO<sub>2</sub>eq.

Ahora, la ventaja de Alfa es que maneja su propio nivel de tecnificación y puede aprovecharlo para ser más sustentable, evaluando la necesidad o no del funcionamiento de aparatos eléctricos en ciertas horas del día. Del mismo modo, puede experimentar con la densidad de siembra para maximizar el rendimiento productivo, con lo que podría disminuir su huella de carbono significativamente y al mismo tiempo reducir costos.

De forma general se concluye que los indicadores de impacto ambiental hallados en el estudio están en función del manejo interno que cada empresa le dé a su cultivo y es demasiado pronto como para determinar el impacto ambiental real del sector cannábico dentro de Ecuador.

## **Recomendaciones**

Se recomienda evaluar otros sistemas de cultivo de cannabis en las otras regiones de Ecuador para evaluar la dinámica de los indicadores ambientales en contextos geográficos totalmente diferentes.

Sería importante analizar las relaciones económicas de los principales importadores de cannabis para esclarecer cuál es su rol frente a la contaminación ambiental que se genera desde los cultivos, ya que muchas veces podrían pedir que los

cultivos estén sujetos a cumplir con certificaciones ambientales, lo cual sería un beneficio para el sector agrícola ya que se podrían mitigar los impactos potencialmente generados.



## Obras citadas

- Acción Ecológica. 2022. "Día por el no uso de plaguicidas". Activismo. *Acción Ecológica*. diciembre 4. <https://www.accionecologica.org/dia-por-el-no-uso-de-plaguicidas/>.
- Adesina, Ifeoluwa, Arnab Bhowmik, Harmandeep Sharma, y Abolghasem Shahbazi. 2020. "A Review on the Current State of Knowledge of Growing Conditions, Agronomic Soil Health Practices and Utilities of Hemp in the United States". *Agriculture* 10 (4): 15. doi:10.3390/agriculture10040129.
- Aldaz, David, Cristian Romero, Kimberly Triviño, y Francisco Urresta. 2022. "Informe de análisis de barreras normativas caso 'cáñamo' versión pública". Técnico SCPM-IGT-INAC-004-2021. Súper Intendencia de Control de Mercado. Quito. <https://www.scpm.gob.ec/sitio/analisis-de-barreras-normativas-2021/>.
- Allen, Richard, Luis Pereira, Dirk Raes, y Martin Smith. 2006. "Evapotranspiración del cultivo". *FAO*, n° 56. <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm>.
- Alvarado, Miguel. 2020. "Productores de cáñamo solicitan normativa para industrialización". *Vistazo*. abril 22. <https://www.vistazo.com/actualidad/nacional/productores-de-canamo-solicitan-normativa-para-industrializacion-GAVI177991>.
- Angulo, Sara. 2022. "Transformaciones en el paisaje y capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ambientales en el cantón Pedro Moncayo (1990-2014)." Pregrado, Quito: Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/28447/1/FCB-DEC-ANGULO%20SARA.pdf>.
- Angulo, Sebastián. 2020. "Floricultores exploran el cannabis". *Diario Expreso*. julio 13. <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/floricultores-exploran-cannabis-diversificacion-negocio-15554.html>.
- Antoran Navarro, Daniel, Dario Alvira, y Joan Manyá. 2022. "Electrodos carbonosos obtenidos a partir de residuo de cáñamo y mediante activación química para su aplicación en baterías de iones de sodio". *Jornada de Jóvenes Investigadores del I3A* 10 (julio). doi:10.26754/jjii3a.20227034.
- Asamblea Nacional de Ecuador. 2017. *Ley Organica Agrobiodiversidad Semillas y Fomento de Agricultura. 10 de 08-jun.-2017*. <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Ley-Organica-Agrobiodiversidad-Semillas-y-Fomento-de-Agricultura.pdf>.
- . 2020. *Ley Orgánica de Prevención Integral del Fenómeno Socio Económico de las Drogas y de Regulación y Control del Uso de Sustancias Catalogadas Sujetas a Fiscalización. 615 de 26-oct.-2015*. [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Ley-Organica-de-Prevencion-Integral-del-Fenomeno-Socio-Economico-de-las-drogas-y-de-regulacion-y-control-del-uso-de-sustancias-catalogadas-sujetas-a-fiscalizacion\\_Ley-0.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/01/Ley-Organica-de-Prevencion-Integral-del-Fenomeno-Socio-Economico-de-las-drogas-y-de-regulacion-y-control-del-uso-de-sustancias-catalogadas-sujetas-a-fiscalizacion_Ley-0.pdf).
- . 2021a. *Código Orgánico Integral Penal. 180 de 10-feb.-2014*. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP\\_act\\_feb-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/03/COIP_act_feb-2021.pdf).
- . 2021b. *Constitucion del Ecuador. 449 de 20-oct.-2008*. [https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador\\_act\\_ene-2021.pdf](https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf).
- Atlas, Pavlo, dir. 2021. *Historia de la marihuana: por qué es ilegal? (y el alcohol no)*. <https://www.youtube.com/watch?v=THbNGoeeY78>.

- Beckonert, Matthias. 2022. "Cannabis: una breve historia cultural del cáñamo". *Deutsche Welle*, enero 24. <https://www.dw.com/es/cannabis-una-breve-historia-cultural-del-c%C3%A1%C3%B1amo/a-60531051>.
- Bennett, Chris. 2022. *Cannabis: lost sacrament of the ancient world*. 1ª ed. EUA: Trine Day. <https://books.google.com.ec/books?id=yMV-zgEACAAJ>.
- Bermejo, Isabel. 2010. "Agricultura y cambio climático". *Ecologistas en Acción*. noviembre 30. <https://www.ecologistasenaccion.org/19945/agricultura-y-cambio-climatico/>.
- Breilh, Jaime, Arturo Campaña, Francisco Hidalgo, Doris Sánchez, María Larrea, Orlando Felicita, Edith Valle, et al. 2005. "La Floricultura y el Dilema de la Salud Por una Flor Justa y Ecológica". En *INFORME ALTERNATIVO SOBRE LA SALUD EN AMERICA LATINA*, 1ª ed. Quito: CENTRO DE ESTUDIOS y ASESORIA EN SALUD. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/3527/1/Breilh%2C%20J-CON-152-La%20floricultura.pdf>.
- Butsic, Van, y Jacob Brenner. 2016. "Cannabis (Cannabis Sativa or C. Indica) Agriculture and the Environment: A Systematic, Spatially-Explicit Survey and Potential Impacts". *Environmental Research Letters* 11 (4): 11. doi:10.1088/1748-9326/11/4/044023.
- Callado, Luis. 2011. "tilización terapéutica del cannabis". Defensoría del pueblo del país Vasco. [https://www.ararteko.eus/RecursosWeb/DOCUMENTOS/1/0\\_2561\\_1.pdf](https://www.ararteko.eus/RecursosWeb/DOCUMENTOS/1/0_2561_1.pdf).
- Carvajal, Iván, y Luis Terreros. 2016. "Uso de la fibra de cáñamo para mejorar las propiedades mecánicas del concreto". Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/3ff116a4-c73a-425d-ac59-e7606404727c/content>.
- CEPAL. 2013. "Informe del quinto seminario internacional sobre la huella de carbono 'prácticas públicas y privadas para reducir las huellas ambientales en el comercio internacional'". ONU. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37091/S1420337\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/37091/S1420337_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- . 2019. "Red de cooperación en la gestión integral de recursos hídricos para el desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe". [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44512/1/S1900166\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44512/1/S1900166_es.pdf).
- Cherney, Jerome H., y Ernest Small. 2016. "Industrial Hemp in North America: Production, Politics and Potential". *Agronomy* 6 (4). Multidisciplinary Digital Publishing Institute: 58. doi:10.3390/agronomy6040058.
- Chiluisa, Maritza. 2018. "Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica del brócoli (Brassica oleracea var. Italica) en las juntas parroquiales 'La Esperanza' y 'Tabacundo', Cantón Pedro Moncayo". Pregrado, Quito.
- Clarke, Robert Connell. 1977. *The Botany and Ecology of Cannabis*. Pods Press.
- Congreso Ecuatoriano. 1990. *Ley de sustancias estupefacientes y psicotrópicas*. 523 de 17-sep. 1990. [https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.cicad.oas.org%2Fflavado\\_activos%2Fesp%2Fleyeslavado%2FEcuador%2Fley108ec.doc&wdOrigin=BROWSELINK](https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.cicad.oas.org%2Fflavado_activos%2Fesp%2Fleyeslavado%2FEcuador%2Fley108ec.doc&wdOrigin=BROWSELINK).
- CONSTRUSAT. 2020. "Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural San José de Poaló 2020 - 2025". <https://sanjosedepoalo.gob.ec/cotopaxi/wp-content/uploads/2020/12/PDYOT-POALO-Final-1.pdf>.
- Cool Farm Alliance. 2016. "Data Input Guide Cool Farm Tool". [www.coolfarmtool.org](http://www.coolfarmtool.org).
- . 2023. "Cool Farm Tool | Una calculadora en línea de gases de efecto invernadero, agua y biodiversidad". Accedido septiembre 6. <https://coolfarm.org/>.
- Cool Farm Institute. 2013. "Cool Farm Tool Online Guide: Crops".

- Coronel, Nathalí. 2019. “Los sistemas de producción agroecológica y su resiliencia frente al cambio climático en la parroquia San Lucas, provincia de Loja”. Quito: Universidad Andina Simón Bolívar. <http://hdl.handle.net/10644/6585>.
- Di Capua, Salvatore, Luisa Paolotti, Elisa Moretti, Lucia Rocchi, y Antonio Boggia. 2021. “Evaluation of the Environmental Sustainability of Hemp as a Building Material, through Life Cycle Assessment”. *Environmental and Climate Technologies* 25 (1): 1215–28. doi:10.2478/rtuct-2021-0092.
- Escalante, Carlos. 2020. “Economía popular y solidaria entorno a la nueva industria del cannabis: caso Ecuador”. [https://www.academia.edu/44233368/Econom%C3%ADa\\_Popular\\_y\\_solidaria\\_entorno\\_a\\_la\\_nueva\\_industria\\_del\\_cannabis\\_Ecuador\\_II](https://www.academia.edu/44233368/Econom%C3%ADa_Popular_y_solidaria_entorno_a_la_nueva_industria_del_cannabis_Ecuador_II).
- FAO. 2002. *Agricultura mundial: hacia los años 2015/2030*. Italia. <https://www.fao.org/3/y3557s/y3557s11.htm>.
- . 2018. “Condiciones climáticas y la actividad humana impactan en la degradación de la tierra, comprometiendo la seguridad alimentaria”. *FAO en Ecuador*. <https://www.fao.org/ecuador/noticias/detail-events/es/c/1141396/>.
- , dir. 2020. *Agricultura sostenible y resiliente al cambio climático*. 16:9. Vol. Globalgoals. <https://www.youtube.com/watch?v=H81fmT7wjfY>.
- Feria, Victoria, María Feria, Luis Ortiz, Ángel Gómez, y Quiroz. 2020. “Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia de Malchinguí 2020-2023 Pedro Moncayo–Pichincha-Ecuador”. <https://gadmalchingui.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/2021/1/PDyOT2021-2023.pdf?t=1646952370>.
- FLACSO, MAE, y PNUMA. 2008. *Geo Ecuador: Informe sobre el estado del medio ambiente*. Quito: FLACSO. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/41444.pdf>.
- Fontán, José, Rafael López, Jorge Benítez, y Luis López. 2008. “Cuantificación de la cantidad de CO2 que captura la agricultura de Secano”. *Vida Rural*, n° 20: 5.
- Galiano, Angélica. 2020. “Relación de los pequeños cultivadores de cannabis medicinal de la ciudad de Quito frente a la implementación normativa para el desarrollo productivo de cannabis (Acuerdo No. 109-19/10/2020 y anexos).” *PUCE*, 31.
- García, M, L Puppo, R Hayashi, y P Morales. 2012. “Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo”. Universidad de la República. <https://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20los%20parametros%20hidricos%20de%20un%20suelo%20a%20campo.pdf>.
- Guerra, Martha. 2012. *Cayambe: entre la agroempresa y la agrobiodiversidad*. 1ª ed. Quito: FLACSO.
- Henao, Alejandro. 2013. “Propuesta metodológica de medición de la resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: un estudio de caso en los Andes colombianos”. *Agroecología y Cambio Climático* 8 (1): 85–91.
- Henao, Alejandro, Miguel Altieri, y Clara Nicholls. 2015. *Herramienta didáctica para la planificación de fincas resilientes*. Medellín: SOCLA. <http://celia.agroeco.org/wp-content/uploads/2019/02/herramienta-didactica-version-final-agosto-16-de-2017-1.pdf>.
- Hincapié, Édgar, y Fernando Ramírez. 2010. “Riesgo a la erosión en suelos de ladera de la zona cafetera”. *Avances técnicos*, Avances técnicos, , n° 400: 8.
- Hinojosa, Mónica, y Isidro Marín. 2017. “Henry Ford y su prototipo... ¿de cáñamo?” *Cannabis Magazine*, septiembre 1.
- Hoekstra, Chapagain, Aldaya, y Mekonnen. 2011. “Manual de evaluación de la huella hídrica”, 244.
- Hughes, Caitlin, y Alex Stevens. 2007. “The Effect of Decriminalization of Drug Use in Portugal”. *Kent Academic Repository*, 11.
- Keller, Michael. 2022. “¿Quién gana con la UPOV?” *Grain*. noviembre 29. <https://grain.org/es/article/6923-quien-gana-con-la-upov>.

- Kissinger, Gabrielle, Martin Herold, y Veronique De Sy. 2012. *Drivers of deforestation and forest degradation: a synthesis report for REDD+ policymakers*. Canadá: Lexeme Consulting.  
[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/65505/6316-drivers-deforestation-report.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/65505/6316-drivers-deforestation-report.pdf).
- Lanchimba, Segundo. 2014. "Uso potencial del suelo para el cultivo de pasturas en las zonas de influencia del canal de riego Cayambe - Pedro Moncayo Ecuador 2012." Pregrado, Quito: Universidad Politécnica Salesiana.  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6715/1/UPS-YT00036.pdf>.
- Larrea, Fernando. 2022. "La construcción de la agroecología y la soberanía alimentaria: una mirada a partir de las condiciones de las agriculturas campesinas". *Ecuador debate*, n° 117: 187–214.
- Leal, P, D Betancourt, A González, y H Romo. 2018. "Breve historia sobre la marihuana en occidente" 67 (agosto). doi:<https://doi.org/10.33588/rn.6704.2017522>.
- León, Julio, y Amanda Rivera. 2020. "Ilegalidad de la tenencia y desigualdad de la distribución de la tierra en Ecuador como condiciones de vulnerabilidad". *Geopauta* 4 (1): 34. doi:<https://doi.org/10.22481/rg.v4i1.6150>.
- Llanos, Lizeth, y Karen Quelal. 2021. "Estudio de factibilidad para la producción y exportación de cáñamo en el cantón San Miguel de Urucuquí, provincia de Imbabura, Ecuador". Pregrado, Ibarra: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.  
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/11311/2/02%20ICA%201721%20TRABAJO%20GRADO.pdf>.
- Lozano, Juan, y Mónica Ramos. 2020. "Diseño de un modelo de negocio para la sostenibilidad en la industria del cannabis". Pregrado, Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.  
<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/52105/Dise%C3%B1o%20de%20un%20modelo%20de%20negocio%20para%20la%20sostenibilidad%20en%20la%20industria%20del%20cannabis%20.pdf?sequence=1>.
- MAATE. 2021. "Ecuador lidera procesos de transformación hacia una producción sostenible libre de deforestación". <https://www.ambiente.gob.ec/ecuador-lidera-procesos-de-transformacion-hacia-una-produccion-sostenible-libre-de-deforestacion/>.
- Marín, Isidro. 2012. "Breve historia del cannabis y del opio en Canadá". *Cannabis Magazine*, enero, 4.
- Martín, Bernardo, Victoriano Martínez, José Maestre, y Belén Gallego. 2020. *Balance de carbono de las zonas regables del trasvase Tajo-Segura*. Trasvase y Sostenibilidad. Universidad Politécnica de Cartagena. <https://www.scrats.es/wp-content/uploads/2021/06/Informe-final-Balance-CO2-TTS.pdf>.
- McPartland, John Michael, Robert Connell Clarke, y David Paul Watson. 2000. *Hemp Diseases and Pests: Management and Biological Control*. CABI.  
<https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=F2KBCwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&dq=Hemp+Diseases+and++Pests+McPartland&ots=gBlleqrF7a&sig=htLY-Y9PLmbO6QojvY5vulfOgBE#v=onepage&q=Hemp%20Diseases%20and%20%20Pests%20McPartland&f=false>.
- Merino, Álvaro. 2021. "Un futuro en verde". *El Orden Mundial - EOM*. mayo 11.  
<https://elordenmundial.com/mapas-y-graficos/mapa-legalizacion-cannabis-mundo/>.
- Mills, Evan. 2012. "The Carbon Footprint of Indoor Cannabis Production". *Energy Policy* 46 (julio): 58–67. doi:10.1016/j.enpol.2012.03.023.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 2020. *Reglamento para la importación, siembra, cultivo, cosecha, post cosecha, almacenamiento, transporte, procesamiento, comercialización y exportación de cannabis no psicoactivo o cáñamo y cáñamo para uso industrial*.  
<https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/10/109-2020-1.pdf>.

- . 2022a. “Informe de rendición de cuentas No 9942”. <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2023/06/1.informe-rendicion-de-cuentas-%E2%80%93-udaf-planta-central.pdf>.
- . 2022b. “MAG inicia el Proyecto Semillas”. <https://www.agricultura.gob.ec/mag-inicia-el-proyecto-semillas-que-favorece-a-mas-de-20-mil-productores/>.
- . 2023. “Registro nacional de Licencias”. *Servicios MAG*. <https://servicios.mag.gob.ec/ReporteadorBuscadorLicenciatariosCanamo/>.
- . 2023. “Tarifario para las licencias contempladas en el acuerdo ministerial No. 109 de 19 de octubre de 2020”. Accedido septiembre 1. <https://www.agricultura.gob.ec/wp-content/uploads/2020/12/Acuerdo-Ministerial-No.-141.-Tarifario-Canamo.pdf>.
- Ministerio de Ambiente Ecuador. 2019. “Primera contribución determinada a nivel nacional para el acuerdo de París bajo la convención marco de las naciones unidas sobre Cambio Climático”. <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Primera%20NDC%20Ecuador.pdf>.
- Ministerio de Salud Pública. 2021. *Reglamento uso terapéutico del cannabis medicinal. 410 de 15-mar.-2021*. [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Acuerdo-Ministerial-148\\_Reglamento-para-el-uso-terapeutico-prescripcion-y-dispensacion-del-cannabis-medicinal-y-productos-farmaceuticos-que-contienen-cannabinoides.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/06/Acuerdo-Ministerial-148_Reglamento-para-el-uso-terapeutico-prescripcion-y-dispensacion-del-cannabis-medicinal-y-productos-farmaceuticos-que-contienen-cannabinoides.pdf).
- Montero, Gregorio, Ricardo Ruiz, y Marta Muñoz. 2006. *Producción de biomasa y fijación de CO2 por los bosques españoles*. INIA - Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. [https://www.researchgate.net/publication/235639682\\_Produccion\\_de\\_Biomasa\\_y\\_Fijacion\\_de\\_CO2\\_Por\\_Los\\_Bosques\\_Espanoles](https://www.researchgate.net/publication/235639682_Produccion_de_Biomasa_y_Fijacion_de_CO2_Por_Los_Bosques_Espanoles).
- Mota, Cesar, Carlos Alcarraz, María Iglesias, Martínez Carmen, y Micaela Carvajal. 2011. “Absorción de CO2 por los cultivos más representativos de la región de Murcia”. *Horticultura global*, n° 294: 43.
- Nicholls, Clara, y Miguel Altieri. 2011. “Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI”. *Agroecología* 6: 28–37.
- Núñez, Natalia. 2017. “Formulación del manual para el manejo integral de los residuos sólidos en el cultivo de cáñamo industrial”. Pregrado, Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/5394/N%c3%ba%c3%b1ezHerediaNataliaAndrea2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Organización de Naciones Unidas. 1972. “Convención única de 1961 sobre estupefacientes enmendada por el protocolo de 1972”. [https://www.incb.org/documents/Narcotic-Drugs/1961-Convention/convention\\_1961\\_es.pdf](https://www.incb.org/documents/Narcotic-Drugs/1961-Convention/convention_1961_es.pdf).
- Paladines, Jorge. 2015. *En busca de la prevención perdida: reforma y contrarreforma de la política de drogas en Ecuador*. Estudios. Ecuador: Friedrich Ebert Stiftung. <https://library.fes.de/pdf-files/bueros/quito/12566.pdf>.
- Panel Intergubernamental del Cambio Climático. 2003. *Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*. Japón: Institute for Global Environmental Strategies. [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum\\_es.html](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/spanish/gpgaum_es.html).
- Ponieman, Ponieman. 2020. “Mercados y exportaciones de cannabis en Latinoamérica”. *El Planteo*. noviembre 1. <https://elplanteo.com/mercados-y-exportaciones-cannabis-en-latinoamerica/>.
- Presidencia Ecuatoriana. 1970. *Ley de control y fiscalización del tráfico de estupefacientes. 105 de 23-nov.-1970*.
- . 1974. *Ley de Control y Fiscalización del Tráfico de estupefacientes y sustancias psicotrópicas. 638 de 13-sep.-1974*.

- . 2016. *Reglamento General a la Ley Orgánica de Prevención Integral del Fenómeno Socio Económico de las Drogas y de Regulación y Control del Uso de Sustancias Catalogadas Sujetas a Fiscalización*. 717 de 22-mar.-2016. <https://faolex.fao.org/docs/pdf/ecu167419.pdf>.
- PROAMAZONIA. 2021. "Ecuador lidera procesos de transformación hacia una producción sostenible". *Proamazonia*. marzo 2. <https://www.proamazonia.org/ecuador-lidera-procesos-de-transformacion-hacia-una-de-produccion-sostenible/>.
- Ramírez, Juan. 2019. "La industria del cannabis medicinal en Colombia". FEDESARROLLO. <http://hdl.handle.net/11445/3823>.
- Rosero, Mariela, Geovanny Tipanluisa, y Diego Puente. 2022. "La despenalización del cannabis medicinal es una moneda con dos caras". *La Periódica*. <https://laperiodica.net/despenalizacion-del-cannabis-medicinal/>.
- Salentijn, Elma M. J., Qingying Zhang, Stefano Amaducci, Ming Yang, y Luisa M. Trindade. 2015. "New developments in fiber hemp (*Cannabis sativa* L.) breeding". *ScienceDirect*, Industrial corps and products, 68 (junio): 9. doi:10.1016/j.indcrop.2014.08.011.
- Sandoval, Érika. 2017. "Estimación de la huella hídrica en los cultivos de quinua (*Chenopodium quinoa*) de los cantones Cayambe y Riobamba ubicados en los Andes Ecuatorianos". Grado, Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Saynes, Vinisa, Jorge Etchevers, Fernando Paz, y Leonardo Alvarado. 2016. "Emisiones de gases de efecto invernadero en sistemas agrícolas de México". *SciELO* 34 (1): 83–96.
- Schneider, Heloísa, y Joseluis Samaniego. 2010. "La huella del carbono en la producción, distribución y consumo de bienes y servicios". CEPAL. <https://repositorio.cepal.org/items/6c74346b-5151-4845-ad2d-e4ef1ebee0a>.
- Sierra, Rodrigo, Oscar Calva, y Alejandra Guevara. 2021. *La Deforestación en el Ecuador, 1990-2018: factores, promotores y tendencias recientes*. Quito, Ecuador: PNUD. [https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/06/Deforestacio%CC%81n\\_Ecuador\\_com2.pdf](https://www.proamazonia.org/wp-content/uploads/2021/06/Deforestacio%CC%81n_Ecuador_com2.pdf).
- Sorrentino, Giuseppe. 2021. "Introduction to Emerging Industrial Applications of Cannabis (*Cannabis Sativa* L.)". *Rendiconti Lincei, Scienze Fisiche e Naturali*, 32 (2): 233–43. doi:10.1007/s12210-021-00979-1.
- Steduto, Pasquale, Theodore Hsiao, Elias Fereres, y Dirk Raes. 2012. "Respuesta del rendimiento de los cultivos al agua". *FAO, Riego y drenaje*, 66. <https://www.fao.org/3/i2800s/i2800s.pdf>.
- Tapia, Cesar. 2023. "Informe del país sobre el cumplimiento del tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura (TIFAA)". <https://www.fao.org/3/cc5196es/cc5196es.pdf>.
- United States Pharmacopoeial Convention. 1820. *The Pharmacopeia of the United States of America (The United States Pharmacopeia)*. Easton, Pa. [etc.]. <http://archive.org/details/pharmacopeiaofun09unit>.
- UNODC. 2022. *World Drug Report 2022*. 22.XI.8. Vienna: ONU.
- UPOV. 1991. *Unión Internacional para la Protección de Obtenciones Vegetales. Publicación de la UPOV N° 221(S)*. [https://www.upov.int/edocs/pubdocs/es/upov\\_pub\\_221.pdf](https://www.upov.int/edocs/pubdocs/es/upov_pub_221.pdf).
- Vargas, Nathalia. 2022. "Cannabis regulado e ilícito genera ingresos de más de US\$344.000 millones en el mundo". *Diario La República*, agosto 27. <https://www.larepublica.co/globoeconomia/annabis-regulado-e-ilicito-genera-ingresos-de-mas-de-us-344-000-millones-en-el-mundo-3434100>.
- Vásquez, Felipe. 2021. "Una breve historia del cannabis en tres partes". *Desde el Herbario CICY* 13: 189–94.
- Yandún, Nora. 2018. "Estimación de impactos ambientales basado en el análisis de ciclo de vida de la fase agrícola de la cadena agroalimentaria convencional y agroecológica de la papa (*Solanum tuberosum*) en las juntas parroquiales 'La Esperanza', y 'Tabacundo', Cantón Pedro Moncayo". Grado, Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

- Zheng, Zhonghua, Kelsey Fiddes, y Liangcheng Yang. 2021. "A Narrative Review on Environmental Impacts of Cannabis Cultivation". *Journal of Cannabis Research* 3 (1): 35. doi:10.1186/s42238-021-00090-0.
- Zuardi, Antonio Waldo. 2006. "History of Cannabis as a Medicine: A Review". *Brazilian Journal of Psychiatry* 28. Associação Brasileira de Psiquiatria: 153–57. doi:10.1590/S1516-44462006000200015.
- Zuleta, Pablo, Tatiana Martínez, David Restrepo, y Beatriz Ramos. 2021. "Evolución de la normativa mundial". *CESED, Serie Cannabis Legal*, , 20.



## Anexos

### Anexo 1: Artículo 23 de la Convención única sobre estupefacientes de 1961

#### ORGANISMOS NACIONALES PARA LA FISCALIZACIÓN DEL OPIO

1. Las Partes que permitan el cultivo de la adormidera para la producción de opio deberán establecer, si no lo han hecho ya, y mantener, uno o más organismos oficiales (llamados en este artículo, de ahora en adelante, el Organismo) para desempeñar las funciones que se le asignan en el presente artículo.

2. Dichas Partes aplicarán al cultivo de la adormidera para la producción de opio y al opio las siguientes disposiciones:

*a)* El Organismo designará las zonas y las parcelas de terreno en que se permitirá el cultivo de la adormidera para la producción de opio;

*b)* Sólo podrán dedicarse a dicho cultivo los cultivadores que posean una licencia expedida por el Organismo;

*c)* Cada licencia especificará la superficie en la que se autoriza el cultivo;

*d)* Todos los cultivadores de adormidera estarán obligados a entregar la totalidad de sus cosechas de opio al Organismo. El Organismo comprará y tomará posesión material de dichas cosechas, lo antes posible, a más tardar cuatro meses después de terminada la recolección;

*e)* El Organismo tendrá el derecho exclusivo de importar, exportar, dedicarse al comercio al por mayor y mantener las existencias de opio que no se hallen en poder de los fabricantes de alcaloides de opio, opio medicinal o preparados de opio. Las Partes no están obligadas a extender este derecho exclusivo al opio medicinal y a los preparados a base de opio.

3. Las funciones administrativas a que se refiere el inciso 2 serán desempeñadas por un solo organismo público si la Constitución de la Parte interesada lo permite.

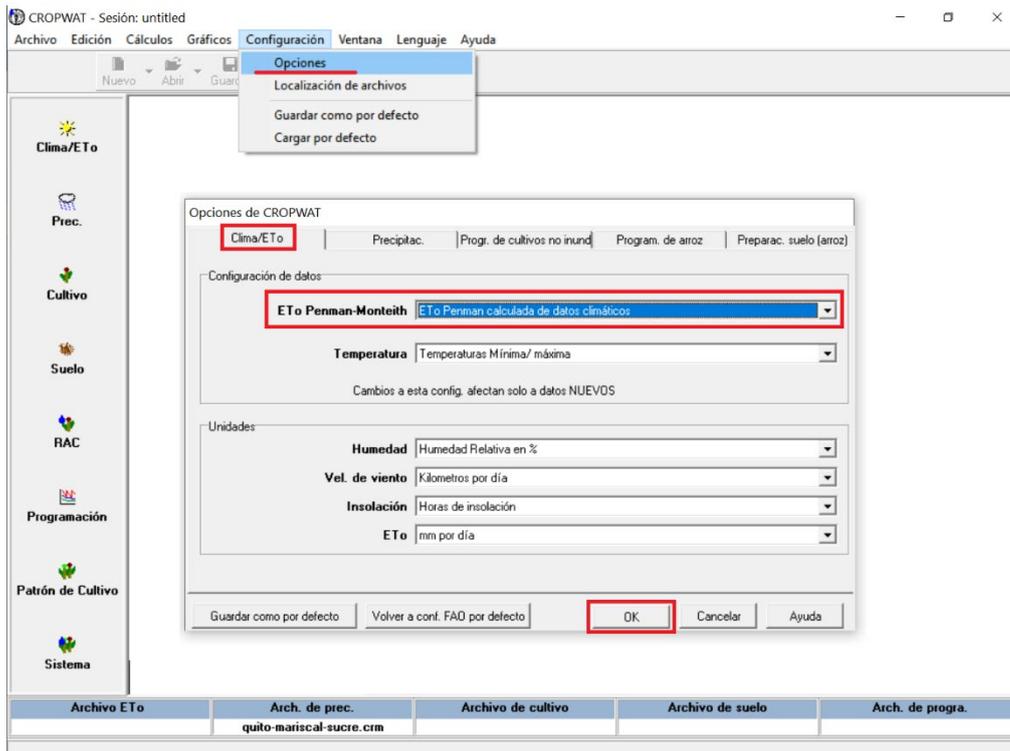
**Anexo 2: Requerimientos de superficie por cada licencia**

Tipo de licencia	Categoría	Descripción adicional	Costo emisión [USD]	Costo mantenimiento anual [USD]
Licencia 1: importación y comercialización de semillas de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de esquejes de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de semillas de cáñamo para uso industrial	Única		1000	150
Licencia 2: siembra y producción de semillas de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de esquejes de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de semillas de cáñamo para uso industrial	Única		1000	150
Licencia 3: cultivo de cannabis no psicoactivo o cáñamo	Categoría 1	De 0 a 5 hectáreas	1500	150
	Categoría 2	De 5 a 10 hectáreas	2000	175
	Categoría 3	De 10 a 25 hectáreas	2500	200
	Categoría 4	De 25 a 50 hectáreas	3000	225
	Categoría 5	Más de 50 hectáreas	3500	250
Licencia 4: Cultivo de Cáñamo para Uso Industrial	Categoría 1	De 0 a 5 hectáreas	375	100
	Categoría 2	De 5 a 10 hectáreas	500	125
	Categoría 3	De 10 a 25 hectáreas	625	150
	Categoría 4	De 25 a 50 hectáreas	750	175
	Categoría 5	Más de 50 hectáreas	875	200
Licencia 5: procesamiento de cannabis no psicoactivo o cáñamo y producción de derivados de cannabis no psicoactivo o cáñamo	Única		3000	310.15
Licencia 6: fitomejoramiento y/o bancos de germoplasma e investigación	Única		1000	150
Licencia 7: adquisición de derivados y/o biomasa o flor de cannabis no psicoactivo o cáñamo, o de biomasa de cáñamo para uso industrial, para exportación	Única		40000	310.15

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (2023). Elaboración propia

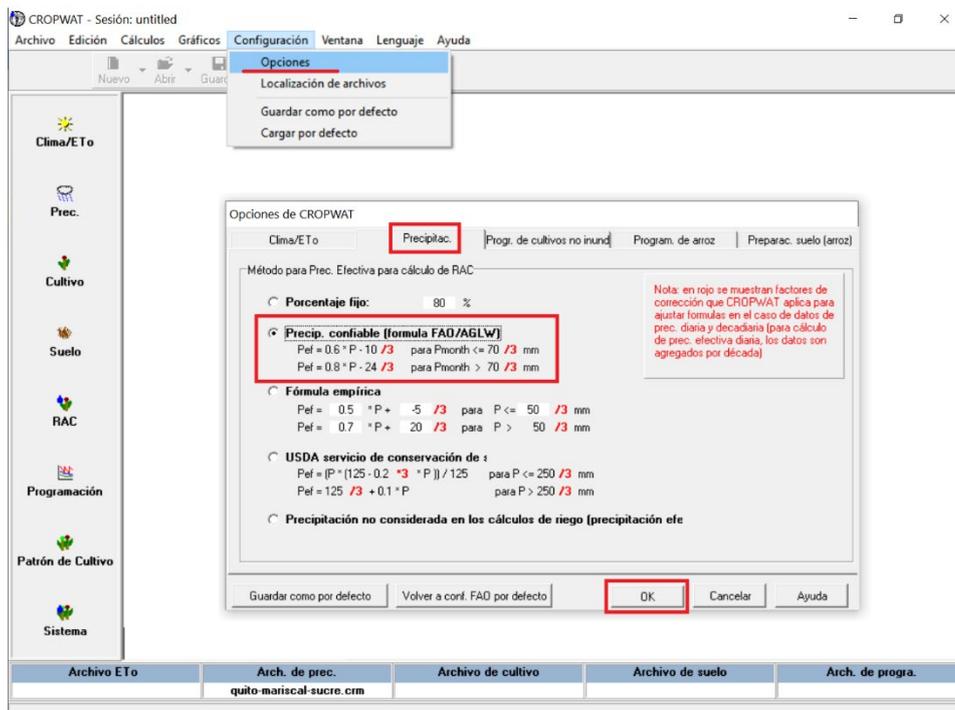
**Anexo 3: Cultivo aislado bajo invernadero [empresa Alfa]****Anexo 4: Cultivo a campo abierto [empresa Beta]**

## Anexo 5: Configuración de la fórmula FAO-Penman-Montieth



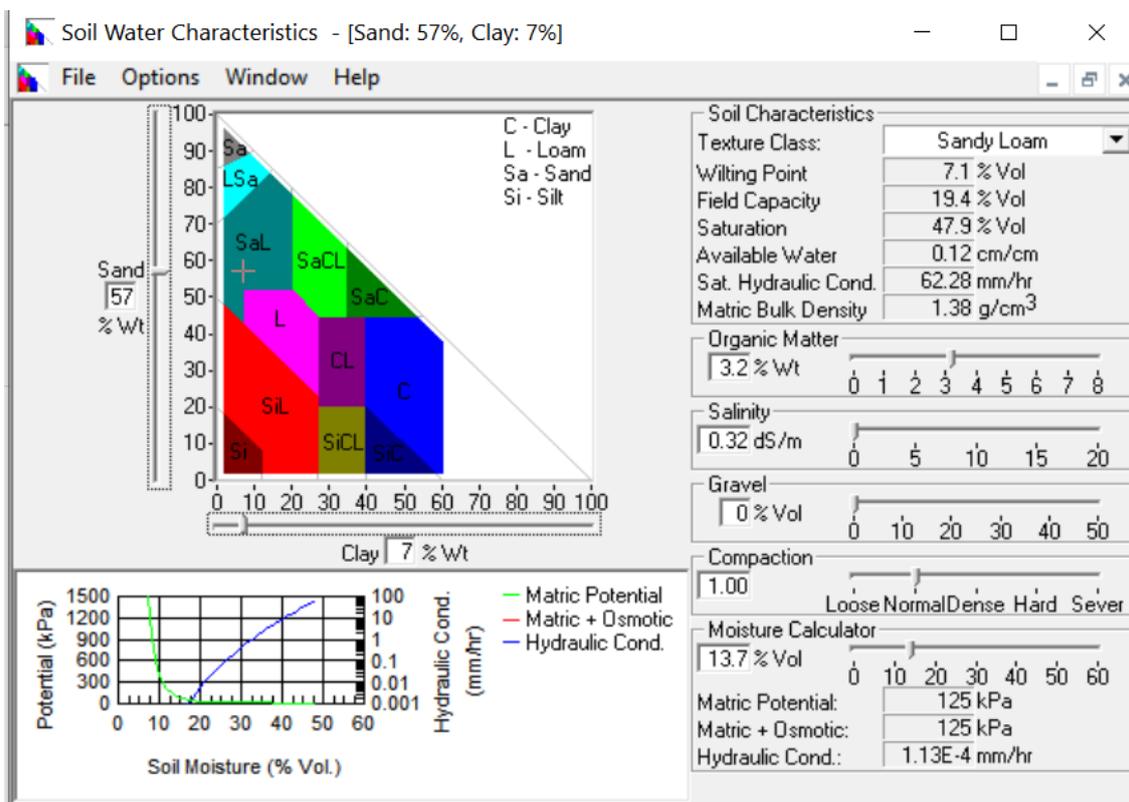
Las marcaciones rojas señalan los campos que deben ser seleccionados a fin de activar la ecuación.

## Anexo 6: Configuración de la ecuación FAO-AGLW



Las marcaciones rojas señalan los campos que deben ser seleccionados a fin de activar la ecuación.

## Anexo 7: Uso de SPAW



## Anexo 8: Resultado del análisis físico del suelo de la empresa Beta

Suelo	pH		6,98	unidades de pH	potenciométrico
	CE		324,6	us/cm	potenciométrico
	MO		3,2	%	Walkey y Black

## Anexo 9: Determinación de la textura con la jarra de Mason

Homogenización de la muestra	Aforado de la jarra	Evaluación de la separación de la muestra (luego de 24 horas)
		

**Anexo 10: Criterio de evaluación de cada indicador***Pendiente*

Color	% de pendiente	Situación correspondiente
Verde	Menor de 20 %	Pendientes Suaves, con cobertura vegetal (viva o muerta), cultivos múltiples y prácticas de conservación de suelo
Amarillo	Entre 20 y 60 %	Pendientes con posible riesgo de erosión, con cubierta vegetal pobre y pocas prácticas de conservación
Rojo	Mayor de 60 %	Pendientes con riesgo de erosión alto, sin cobertura vegetal de suelo y sin prácticas de conservación

*Diversidad paisajística*

Color	Riesgo	Situación correspondiente
Verde	Bajo	Heterogeneidad en el paisaje donde se combinan sistemas productivos y periferias naturales
Amarillo	Medio	Existen diferentes sistemas productivos entre los vecinos; poca matriz boscosa
Rojo	Alto	Homogeneidad generalizada en los sistemas de producción (monocultivos), no hay presencia de matriz boscosa

*Capacidad de infiltración*

Color	Velocidad de infiltración	Situación correspondiente
Verde	Rápida 50 mm/h	Suelos que soportan lluvias fuertes, con alta infiltración. Estructura grumosa
Amarillo	Moderada 15-50 mm/h	Suelos que soportan lluvias moderadas. Infiltración media con presencia de escorrentía. Estructura intermedia
Rojo	Lenta -15mm/h	Suelos anegados con baja infiltración y alta escorrentía. Se forman pozos o charcos de agua. Estructura masiva

*Compactación y costra superficial*

Color	Riesgo	Situación correspondiente
Verde	Bajo	No se aprecia compactación ni costra superficial
Amarillo	Medio	Algunos síntomas de compactación y/o costra superficial
Rojo	Alto	El suelo esta compactado o con costra superficial

*Cárcavas y regueros*

Color	Riesgo	Situación correspondiente
Verde	Bajo	No existen regueros ni cárcavas
Amarillo	Medio	Evidencia de algunos regueros o cárcavas viejas
Rojo	Alto	Muchos regueros y/o cárcavas

*Cobertura vegetal viva o muerta*

Color	% cobertura	Situación correspondiente
Verde	> 50	Suelos cubiertos por plantas acompañantes, coberturas vivas, acolchados y/o abonos verdes.
Amarillo	10 - 50	Suelos parcialmente enmalezados y/o cubiertos por capas vivas o acolchadas.
Rojo	< 10	Suelos completamente descubiertos, con presencia de erosión y altas temperaturas.

*Barreras de vegetación*

Color	% presencia	Situación correspondiente
Verde	> 50	Alta presencia de cercas vivas y/o barreras vivas establecidas y diversificadas con varias especies en especial enfrentando vientos dominantes
Amarillo	10 - 50	Mediana presencia de árboles o arbustos y/o barreras vivas poco diversificados y densos
Rojo	< 10	No hay barreras de vegetación

*Labranza de conservación*

Color	% cobertura	Situación correspondiente
Verde	> 50	Labranza mínima (mínimo movimiento del suelo, rotación con abonos verdes y suelos cubiertos)
Amarillo	10 - 50	Uso de maquinaria liviana y/o bueyes, suelos cubiertos y rotación con abonos verdes
Rojo	< 10	Uso de maquinaria pesada con arado o uso de implementos de labranza como pica o azadón a profundidad. Monocultivo, barbecho desnudo

*Prácticas para aumentar materia orgánica*

Color	Prácticas	Situación correspondiente
Verde	Alto (> 3)	Utilización de abonos orgánicos fermentados, combinados con una alta producción de biomasa para reincorporación en los cultivos.
Amarillo	Medio (de 1 a 2)	Utilización del abono orgánico fermentado con presencia de una baja cantidad de cobertura viva o muerta
Rojo	Ninguna	La materia orgánica perdida no es repuesta. Se abona con fertilizante químico para lograr una producción agrícola

*Autoconsumo*

Color	% autoconsumo	Situación correspondiente
Verde	Alto (> 60 %)	La alimentación familiar es producida en la finca en más de 60%.
Amarillo	Medio (20-60 %)	Entre un 20 y un 60% de la alimentación es producida en la finca dependiendo algo del mercado externo a su dieta
Rojo	Bajo (< 20 %)	Más del 80% de la alimentación de la familia en la finca viene de afuera y pocos productos de la finca son destinados al consumo interno

*Autosuficiencia de insumos externos*

Color	% autosuficiencia	Situación correspondiente
Verde	Alto (> 50 %)	Más del 50% de los insumos que necesita la finca son producidos en la misma finca (abonos, semillas, energía, control ecológico de plagas, etc.)
Amarillo	Medio (10-50 %)	Entre un 10 y un 50% de los insumos que usa la finca son producidos en la misma finca (abonos, energía, control ecológico de plagas, etc.)
Rojo	Bajo (< 10 %)	Más del 90% de los insumos que usa la finca vienen de afuera (fertilizantes químicos, agrotóxicos, semillas y maquinaria)

*Banco de semillas o tejidos*

Color	Nivel de protección	Situación correspondiente
Verde	Alto (4 o 5)	Semillas de más de 10 variedades y especies. Diversidad de recursos genéticos locales y ancestrales.
Amarillo	Medio (2 o 3)	Disponibilidad de semillas de 5 a 10 variedades o especies. Presencia de algunos recursos genético ancestrales.

Rojo	Bajo (menos de 1)	Disponibilidad de semillas de menos de 5 variedades o especies, en general semillas híbridas o mejoradas. Ausencia de recursos genéticos ancestrales
------	-------------------	--

#### *Asociación de cultivos*

Color	Especies asociadas	Situación correspondiente
Verde	> 3	Con más de tres especies asociadas con diferentes alturas dentro de la parcela (agroforestal-multiestrato-policultivo)
Amarillo	2	Con dos especies asociadas dentro de la parcela
Rojo	1	Monocultivo

#### *Generación de empleo local*

Color	Tipo de empleo	Situación correspondiente
Verde	> 1 empleo fijo	Empleo fijo con beneficios de ley
Amarillo	de 3 a 4 ocasionales	Empleo informal
Rojo	1 o menos ocasionales	Empleo informal

#### *Guía de buenas prácticas agrícolas*

Color	Estado	Situación correspondiente
Verde	Tiene	Cuenta con una GBPA
Amarillo	No tiene	Espera implementar una GBPA a futuro
Rojo	No tiene	Definitivamente no implementará una GBPA

#### *Certificaciones ambientales*

Color	Estado	Situación correspondiente
Verde	Tiene	Cuenta con al menos una certificación
Amarillo	No tiene	Espera obtener una certificación a futuro
Rojo	No tiene	La finca desconoce este tipo de certificaciones

### Anexo 11: Modelo de cálculo para determinar de la huella hídrica azul [empresa Alfa]

Se trabajó con la ecuación número 3, puede ser vista de forma desarrollada de la siguiente manera:

$$HH_{azul} = \frac{Uac_{azul}}{R} = \frac{\frac{Volumen}{\bar{área}}}{\frac{CC}{\bar{área}}} = \frac{\frac{180m^3}{900m^2}}{\frac{165,472kg}{900m^2}} = 1.0877 \frac{m^3}{kg}$$

La ecuación 3 también puede ser desarrollada en una hoja de Excel, personalmente se recomienda esta forma ya que se puede visualizar cada una de las variables requeridas

Área [m2]	Plantas	Producción seca en kg [CC]
900	1049	165.472

Riego [m3/día]	Ciclo [días]	Riego total [m3]	Riego total [l]
1.5	120	180	180000

HH azul [m3/kg]	1.08779733
HH azul [l/kg]	1087.79733

En amarillo se observan los valores calculados

### Anexo 12: Modelo de cálculo para determinar la huella hídrica gris [empresa Alfa]

Se empleó la ecuación número 4, su desarrollo se puede ver a continuación:

$$HH_{gris} = \frac{(\alpha * TA)}{\frac{C_{max} - C_{nat}}{R}}$$

$$HH_{gris} = \frac{0.1 * \frac{0.0144kg}{m^2} - \frac{0.12mg}{l}}{\frac{30mg}{l} - \frac{0.12mg}{l}}$$

$$HH_{gris} = \frac{0.1838kg}{m^2}$$

$$HH_{gris} = 0.0002621 \frac{l}{mg}$$

$$HH_{gris} = 0.2621 \frac{m^3}{kg}$$

De forma similar, el ejercicio se pudo desarrollar en una hoja de cálculo, tal y como se muestra a continuación. Se recalca que la huella hídrica gris es exclusiva de la empresa Alfa

Área [m <sup>2</sup> ]	Producción [kg]	Rendimiento [kg/m <sup>2</sup> ]
900	165.472	0.183857778

C máx [mg/l]	C nat [mg/l]	NO <sub>2</sub> del fertilizante [kg]	TA [kg/m <sup>2</sup> ]	Alfa [adimensional]
30	0.12	12.96	0.0144	0.1
Fuente: Tulsma	Fuente: Análisis de laboratorio	Dato de campo		Manual de la huella hídrica

HH gris [l/mg]	HH gris [m <sup>3</sup> /kg]
0.00026212	0.26211984

Las celdas amarillas representan los valores calculados, las demás son datos consultados en bibliografía o determinados en laboratorio.

### Anexo 13: Huella hídrica total de la empresa Alfa

Se empleó la ecuación número uno, desarrollada se puede ver de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 HH_{total} &= HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris} \\
 HH_{total} &= 0 + 1.087 \frac{m^3}{kg} + 0.262 \frac{m^3}{kg} \\
 HH_{total} &= 1.349 \frac{m^3}{kg}
 \end{aligned}$$

En amarillo se muestra el resultado final de la operación

### Anexo 14: Resultados de la precipitación efectiva de Cropwat

Únicamente el software Cropwat se empleó para hallar la precipitación efectiva [Prec. Efec] que se requiere para realizar el cálculo de la huella hídrica verde.

Requerimiento de Agua del Cultivo							
Estación E To QUITO-MARISCAL-SUC				Cultivo Cannabis campo abi			
Est. de lluvia QUITO-MARISCAL-SUC				Fecha de siembra 02/08			
Mes	Decada	Etap	Kc	ETc	ETc	Prec. efec	Req.Riego
			coef	mm/día	mm/dec	mm/dec	mm/dec
Ago	1	Inic	0.30	1.05	9.5	1.1	8.3
Ago	2	Des	0.54	1.93	19.3	1.2	18.2
Ago	3	Med	0.99	3.53	38.8	4.5	34.3
Sep	1	Med	1.03	3.67	36.7	8.0	28.7
Sep	2	Med	1.03	3.64	36.4	10.9	25.5
Sep	3	Med	1.03	3.59	35.9	14.8	21.1
Oct	1	Fin	1.03	3.52	35.2	20.0	15.2
Oct	2	Fin	0.99	3.35	33.5	24.4	9.1
Oct	3	Fin	0.95	3.13	34.4	23.5	10.9
Nov	1	Fin	0.91	2.91	29.1	22.3	6.8
Nov	2	Fin	0.86	2.70	27.0	22.1	4.9
Nov	3	Fin	0.83	2.65	13.2	10.2	3.1
					<b>349.0</b>	<b>163.0</b>	<b>185.9</b>

### Anexo 15: Ejemplo de cálculo huella hídrica verde [empresa Beta]

A la precipitación efectiva hallada en el programa se le multiplica por un factor de 10 a fin de tener un resultado en m<sup>3</sup>/ha. El factor es parte de la metodología del Manual de Evaluación de la Huella Hídrica de Hoesktra et al. (2011).

Conversión de la precipitación efectiva		
De mm/dec	A m <sup>3</sup> /ha	A m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>
163	1630	0.163

Posteriormente, se utilizó la ecuación número 2, conociendo que el volumen total de lluvia en el ciclo productivo es el resultado de la multiplicación de la precipitación efectiva [0.163 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>] por la superficie del terreno [1161m<sup>2</sup>], lo que da un volumen de 189.243 m<sup>3</sup>. La ecuación desarrollada se ve así:

$$HH_{verde} = \frac{Uac_{verde}}{R} = \frac{\frac{Volumen}{\acute{a}rea}}{\frac{CC}{\acute{a}rea}} = \frac{189.243m^3}{1161m^2} = \frac{469.8kg}{1161m^2}$$

$$HH_{verde} = 0.402 \frac{m^3}{kg}$$

Rendimiento productivo		
Cantidad Cosecha en kg [CC]	Área [m <sup>2</sup> ]	Rendimiento [kg/m <sup>2</sup> ]

469.8	1161	0.40465116
-------	------	------------

HH verde [m <sup>3</sup> /kg]	0.40281609
HH verde [L/kg]	402.816092

En amarillo se observan las celdas calculadas

### Anexo 16: Cálculo de la huella hídrica azul [empresa Beta]

Se empleó la ecuación número 3:

$$HH_{azul} = \frac{Uac_{azul}}{R} = \frac{\frac{Volumen}{\bar{área}}}{\frac{CC}{\bar{área}}} = \frac{544.32}{469.8}$$

$$HH_{azul} = 1.158 \frac{m^3}{kg}$$

En una hoja de cálculo se lo vería de la siguiente manera:

<b>Rendimiento productivo</b>		
Cantidad Cosecha en kg [CC]	Área [m <sup>2</sup> ]	Rendimiento [kg/m <sup>2</sup> ]
469.8	1161	0.40465116

Riego [m <sup>3</sup> /día]	Ciclo [días]	Riego total [m <sup>3</sup> ]	Riego total [l]
9.072	60	544.32	544320

HH azul [m <sup>3</sup> /kg]	1.1586
HH azul [l/kg]	1158.6

### Anexo 17: Cálculo de la huella hídrica agrícola total [empresa Beta]

Se empleó la ecuación número uno, que implica sumar el componente verde, azul y gris de la huella hídrica, además se enfatiza que la empresa Beta carece de huella hídrica gris ya que no se emplean agroinsumos en forma de dilución. La ecuación desarrollada se ve de la siguiente manera:

$$HH_{total} = HH_{verde} + HH_{azul} + HH_{gris}$$

$$HH_{total} = 0.402 \frac{m^3}{kg} + 1.158 \frac{m^3}{kg} + 0$$

$$HH_{total} = 1.561 \frac{m^3}{kg}$$

### Anexo 18: Cálculo de captura de CO2 [empresa Alfa]

Los datos de humedad [%], masa fresca [kg/planta] y masa seca [kg/planta] son el resultado de un análisis en laboratorio

Humedad [%]	Masa fresca [kg/planta]	Masa seca [kg/planta]
81.25	0.789	0.1479375

Para encontrar la cantidad de carbono contenida en la muestra se empleó la ecuación número 10. En la tabla siguiente y en la fórmula descrita a continuación se pueden apreciar los mismos valores.

$$C = 0.5 * B$$

$$C = 0.5 * 0.147 \frac{kg}{planta}$$

$$C = 0.0739 \frac{kg}{planta}$$

Cantidad de Carbono de la muestra [kg]		
Factor IPCC	M. Seca [kg/planta]	Carbono [kg/planta]
0.5	0.1479375	0.07396875

Luego se procedió con el cálculo de la cantidad de CO2 capturada por el cultivo, para ello se empleó la ecuación 11, desarrollada a continuación, mientras que vista en una hoja de cálculo se la tiene en la tabla subyacente

$$captura\ CO2 = 3,67 * 0,5 * B$$

$$captura\ CO2 = 3.67 * 0.5 * 0.147 \frac{kg}{planta}$$

$$captura\ CO2 = 0.271 \frac{kgCO2}{planta}$$

Conversión a CO2		
Carbono [kg/planta]	Factor estequiométrico	CO2 [kg/planta]
0.07396875	3.67	0.271465313

Mientras que para hallar la cantidad total de CO2 capturada por el cultivo se establecieron las relaciones que pueden ser observadas en las siguientes tablas

<b>Absorción total de CO2</b>		
Cantidad de plantas	CO2 [kg/planta]	CO2 total [Kg]
1049	0.271465313	284.7671128

<b>Absorción de CO2/superficie</b>		
Área [m2]	CO2 total [kg]	CO2/área [kg/m2]
900	284.7671128	0.316407903

<b>Absorción de CO2/producto</b>		
Producción [kg]	CO2 total [Kg]	CO2/producto [kg/kg producto]
165.472	284.7671128	1.720938363

En amarillo se observan los valores calculados.

#### **Anexo 19: Ejemplo de balance de CO2 [empresa Alfa]**

	Absorción	H. Carbono	Balace	Unidades
Por planta	-0.2714653	0.58818875	0.31672344	kgCO2eq/planta
Por área	-0.3164079	0.69	0.3735921	kgCO2eq/m2
Por producción	-1.7209384	3.73	2.00906164	kgCO2eq/kg producto
Total	284.767113	617.01	332.242887	kgCO2eq

En amarillo se observan los valores calculados.

#### **Anexo 20: Cálculo de captura de CO2 [empresa Beta]**

Los datos de humedad [%], masa fresca [kg/planta] y masa seca [kg/planta] son el resultado de un análisis en laboratorio.

Humedad [%]	Masa fresca [kg/planta]	Masa seca [kg/planta]
80.25	0.759	0.15

Se aplicó la ecuación 10 para determinar la cantidad de carbono de la muestra:

$$C = 0.5 * B$$

$$C = 0.5 * 0.15 \frac{kg}{planta}$$

$$C = 0.075 \frac{kg}{planta}$$

Acto seguido se aplicó la ecuación 11 para determinar la cantidad de CO<sub>2</sub> que captura cada planta:

$$captura\ CO_2 = 3,67 * 0,5 * B$$

$$captura\ CO_2 = 3.67 * 0.5 * 0.15 \frac{kg}{planta}$$

$$captura\ CO_2 = 0.275 \frac{kgCO_2}{planta}$$

Para hallar la cantidad total de CO<sub>2</sub> capturada por el cultivo se establecieron las relaciones que pueden ser observadas en las siguientes tablas:

Absorción total de CO <sub>2</sub>		
Cantidad de plantas	CO <sub>2</sub> [kg/planta]	CO <sub>2</sub> total [Kg]
3132	0.27525	862.083

Absorción de CO <sub>2</sub> /superficie		
Área [m <sup>2</sup> ]	CO <sub>2</sub> total [kg]	CO <sub>2</sub> /área [kg/m <sup>2</sup> ]
1161	862.083	0.742534884

### Anexo 21: Ejemplo de balance de CO<sub>2</sub> [empresa Alfa]

Finalmente, el balance de CO<sub>2</sub> de Beta se describe en la siguiente tabla y nótese que se trata simplemente de una resta entre la huella de carbono y lo que absorbe el cultivo.

	Absorción	HC	Balance	Unidades
<b>Por planta</b>	-0.27525	0.05157407	-0.2236759	kgCO <sub>2</sub> eq/planta
<b>Por área</b>	-0.74253488	0.14	-0.6025349	kgCO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup>
<b>Por producto</b>	-1.835	0.34	-1.495	kgCO <sub>2</sub> eq/kg producto
<b>Total</b>	-862.083	161.53	-700.553	kgCO <sub>2</sub> eq

En amarillo se muestran los resultados del balance.