

INTEGRACIÓN DEL VALOR DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN LA CADENA DEL CACAO



Septiembre
de 2017

EL CASO DEL PROYECTO DE RIEGO DAULE-VINCES EN
LA CUENCA DEL RÍO GUAYAS, ECUADOR



FCV

Facultad de Ciencias de la Vida

Con el apoyo de:



This project is funded
by the European Union

Integración del Valor de los Servicios Ecosistémicos en la Cadena del Cacao

Investigadores Responsables:

Paúl Herrera Samaniego

Gonzalo Villa Cox

Eduardo Chávez

María Fernanda Calderón

Eduardo Álava

Adriana Santos

Fernando Troya

Ayudantes de Investigación

Ronald Vinces

Pedro Palma

Pedro Freire

Stephanie Machado

Edwin Rivera

Andrés Swanton

Mónica Montero

El equipo de investigadores y asistentes pertenecen a la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) y a la Facultad de Ciencias Sociales y Humanísticas (FCSH) de la ESPOL.

Integración del Valor de los Servicios Ecosistémicos en la Cadena del Cacao

ESPOL-FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	5
EXECUTIVE SUMMARY	7
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	9
1.1 CONTEXTO GENERAL DEL ESTUDIO TEEB-CACAO, ECUADOR	10
1.2 CULTIVO DE CACAO EN ECUADOR	12
1.3 ESTRATEGIA NACIONAL DE CAMBIO DE MATRIZ PRODUCTIVA	14
1.4 EL PROYECTO DE RIEGO TRASVASE DAULE – VINCES (DAUVIN)	16
1.5 OBJETIVOS DEL ESTUDIO TEEB-CACAO, ECUADOR	17
CAPITULO 2: METODOLOGÍA, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y ESCENARIOS DE VALORACIÓN	18
2.1 METODOLOGÍA GENERAL DEL ESTUDIO	18
2.2 SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA	22
2.3 ESCENARIOS DE VALORACIÓN ECONÓMICA	26
CAPITULO 3: VALORACIÓN DEL IMPACTO DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS	35
3.1 APTITUD AGRO-EDAFO-CLIMÁTICA PARA LA PRODUCCIÓN DE CACAO EN ÁREA DE ESTUDIO	38
3.2 IDENTIFICACIÓN DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	47
3.3 ESTIMACIÓN DE APTITUD PARA CACAO EN ZONA DE ESTUDIO POR MEDIO DE INTERPOLACIÓN ESPACIAL	48
3.4 RELACIÓN ENTRE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y APTITUD AGRO-EDAFO-CLIMÁTICA.	51
3.5 RELACIÓN ENTRE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS Y EL RENDIMIENTO PROMEDIO EN EL CULTIVO DE CACAO	73
3.6 VALORACIÓN ECONÓMICA DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS EN PRODUCCIÓN DE CACAO	79
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	84
4.1 CONCLUSIONES	84
4.2 RECOMENDACIONES DE POLÍTICA	87
REFERENCIAS	90

ANEXOS

Anexo 1: Formato de cuestionario

Anexo 2: Plan de muestreo para aplicación del cuestionario

Anexo 3: Metodología de la recolección y análisis de muestras de suelo, agua y planta, y preparación de base de datos biofísica

Anexo 4: Descripción de variables que definen aptitud agro-edafo-climática

RESUMEN EJECUTIVO

De acuerdo al World Resource Institute (WRI, 2014), en Latinoamérica un 49% de las emisiones de efecto invernadero provienen de la agricultura, la actividad forestal y el cambio del uso de la tierra. Parte del problema sería el poco conocimiento de las relaciones entre los sistemas de producción agropecuarios o forestales, y los servicios que proveen los ecosistemas de forma natural o por gestión de comunidades rurales. A nivel de políticas existe poco reconocimiento de las externalidades positivas y negativas que se genera sobre los ecosistemas al producir, distribuir y consumir alimentos.

En Ecuador, uno de los cultivos que mayor crecimiento tiene en zonas costeras es el cacao, cuya producción, procesamiento, consumo o exportación, genera impactos positivos y negativos sobre los ecosistemas. Es importante considerar que Ecuador es el cuarto país exportador de cacao a nivel mundial, primero en Latinoamérica, y líder mundial en la exportación de cacao (54% del mercado) fino de aroma, es decir el cacao de más alta calidad. A su vez, el cacao es uno de los productos priorizados en los planes gubernamentales que buscan la conversión de la matriz productiva del país. No obstante, nuevas regulaciones ambientales, principalmente en Europa, podrían poner en peligro la exportación del cacao, principalmente por la presencia de metales pesados, y por tanto afectar la economía del país, y la supervivencia de miles de pequeños agricultores dedicados a esta actividad.

En este reporte se presenta los resultados del estudio TEEB Ecuador (La Economía de los Ecosistemas y la Biodiversidad) sobre valoración de los servicios ecosistémicos en la cadena de valor del cacao en la zona de influencia del proyecto de Riego Dauvin, en la Cuenca del Río Guayas, Ecuador. Este proyecto de riego es una de las 14 mega obras construidas por el actual gobierno, cuyo objetivo es la oferta de infraestructura básica para dar soporte a la estrategia de cambio de la matriz productiva. La ESPOL - institución anfitriona de TEEB Ecuador - implementara la iniciativa TEEB Ecuador bajo el liderazgo del Ministerio del Ambiente de Ecuador (MAE) y con el apoyo del Secretariado TEEB - administrado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU-Ambiente).

Tres preguntas motivan este estudio: i) ¿Cuáles podrían ser los impactos de ciertas prácticas agrícolas de la producción de cacao sobre la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la calidad del cacao en la zona de influencia del proyecto Dauvin?; ii) ¿Cuál es el impacto (valor) económico de tales prácticas sobre los servicios ecosistémicos en caso de producirse un incremento importante del área cultivada de cacao en la zona del proyecto Dauvin?; y iii) ¿Qué políticas o acciones podrían ayudar a la implementación de sistemas productivos sostenibles de cacao, que contribuyan al mantenimiento o incremento de los servicios ecosistémicos en la zona del proyecto Dauvin?

Un aspecto fundamental para el desarrollo de estudios de valoración de servicios ecosistémicos es la definición de escenarios de valoración. En este caso, los escenarios propuestos se relacionan con las prácticas agrícolas, las cuales se estudian mediante técnicas estadísticas multivariantes. Los resultados permiten proponer una tipología de prácticas agrícolas en cacao. A su vez, la tipología es usada para definir escenarios de valoración de servicios ecosistémicos. Los tres escenarios propuestos son:

Escenario (0) tendencial que implica un incremento marginal del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin; las prácticas agrícolas no cambian significativamente y por tanto no se incrementa (y eventualmente se reduce) la producción de servicios ecosistémicos, en este caso, la aptitud agro-edafo-climática de la zona de estudio para la producción de cacao. En relación al proyecto de riego, este finalmente no muestra los beneficios planeados en relación con la productividad agrícola, y el mejoramiento de las condiciones de vida de los beneficiarios identificados;

Escenario (1) no sustentable, que implica un incremento significativo del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin (50% de área con aptitud para cacao) con la misma distribución de productores según su tamaño; Las prácticas agrícolas no cambian, y por tanto se afecta o reduce la producción de servicios ecosistémicos. En relación al proyecto de riego, este muestra elementos que permiten anticipar un mejoramiento de la productividad agrícola, pero debido a que no se cambió las prácticas, particularmente en el caso de los pequeños agricultores, no se mejoran sus condiciones de vida; y

Escenario (2) sustentable, que implica un incremento significativo del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin (50% de área con aptitud para cacao) con la misma distribución de productores según su tamaño; Las prácticas agrícolas cambian, y por tanto se mantienen o incrementa la producción de servicios ecosistémicos. En relación al proyecto de riego, este muestra elementos que permiten anticipar un mejoramiento de la productividad agrícola, y debido al cambio de las prácticas, también se genera algún impacto sobre las condiciones de vida de los beneficiarios del proyecto, particularmente de los pequeños productores.

Los resultados indican que si existe una relación positiva entre ciertas prácticas agrícolas y la aptitud agro-edafo climática de la zona de estudio para la producción de cacao, y a su vez, estas tienen una influencia sobre la productividad del cultivo, y por tanto sobre la socio-economía de este importante sector de la economía. Solo el escenario 2 mostró un valor económico importante en magnitud que en el tiempo podría justificar parte de la inversión realizada en el proyecto de riego, al tiempo que mantiene una provisión adecuada de los servicios ecosistémicos analizados.

EXECUTIVE SUMMARY

According to the World Resource Institute (WRI, 2014), 49% of greenhouse gas emissions in Latin America come from agriculture, forestry and the change of land use. Part of the problem is the limited knowledge about the relationships between agricultural or forestry system, and ecosystem services. At policy level there is little recognition of the positive and negative externalities generated on ecosystems to produce, distribute and consume food. In Ecuador, one of the fastest growing crops in the coast is cocoa, whose production, processing, consumption or export, generates positive and negative impacts on ecosystems. It is important to consider that Ecuador is the fourth largest exporter of cocoa in the world, first in Latin America, and world leader in the export of high quality cocoa (54% market share), from which about 80% is produced in the Guayas River Basin. In turn, cocoa is one of the products priority in government plans seeking the conversion of the productive matrix of the country. However, new environmental regulations, particularly in Europe, could endanger the export of cocoa, mainly by the presence of heavy metals, and thus affect the country's economy and the survival of small farmers dedicated to this activity.

This report describes the final results of TEEB Ecuador (The Economics of Ecosystems and Biodiversity - Ecuador) – a study on the integration of the value of ecosystem services in policies towards a sustainable and inclusive cocoa value chain in Ecuador. TEEB Ecuador will conduct a watershed level assessment of ecosystem services in the influence area of the irrigation project Dauvin, in the Guayas River Basin, Ecuador. This irrigation project is one of the 14 mega works built by the current government, whose objective is the provision of basic infrastructure to support the strategy of changing the productive matrix.

The ESPOL, the TEEB Ecuador host institution, implements the study under the policy guidance of a multi-stakeholder Steering Committee lead by the Ministry of Environment as focal point of TEEB Ecuador. The study is supported by the TEEB Office, administered by the United Nations Environment Program (UNEP). Three questions motivates this study: i) What are the impacts of specific agricultural practices over soil fertility, water quality and contamination of cocoa beans?; ii) What would be the economic (value) impact of such practices over ecosystem services in case of an increase in the cocoa production area in the Dauvin Irrigation Project?; and iii) What policies or actions could be valid to promote sustainable cocoa production areas, which also help to increase ecosystem services in the Dauvin irrigation project?.

A key factor to develop an economic valuation of an ecosystem service is the identification of valuation scenarios. In this case, the valuation scenarios are related to agricultural practices of cocoa producers. This report presents the results of a multivariate statistical analysis that allowed construct a typology of

agricultural practices. In turn, these results are used to define valuation scenarios of ecosystem services associated to cocoa production. The proposed scenarios are:

Business as usual (Scenario 0 or BAU): there is a marginal increase the area of cocoa production in the Dauvin Irrigation project; agricultural practices do not change significantly and therefore there is not an increase (and eventually it is reduced) the production of ecosystem services. Regarding the irrigation project, this does not produce the expected benefits in relation to agricultural productivity, and improving the living conditions of the beneficiaries (rural poor).

Unsustainable development path (scenario 1): There is a significant increase in the area of cocoa production in the Dauvin Irrigation Project (50% of the area with mid to high agro-ecological conditions) with the same distribution of producers based on its size; but agricultural practices do not change, and therefore there is a reduction of ecosystem services. Regarding the irrigation project, this shows an improvement in productivity, but because of the unchanged practices, there is not an important improvement on living conditions related to environmental issues (particularly in the case of small farmers).

Sustainable development path (scenario 2): There is a significant increase in the area of cocoa production in the Dauvin Irrigation Project (50% of the area with mid to high agro-ecological conditions) with the same distribution of producers based on its size; Agricultural practices are changed, and therefore there is an increase of ecosystem services. Regarding the irrigation project, this shows an improvement in agricultural productivity, and also living conditions related to environmental issues are better (particularly in the case of small farmers).

The results obtained indicate that there is a positive relationship between certain agricultural practices and the agro-edaphic-climatic aptitude of the study area for cocoa production. In turn, these conditions have an influence on crop productivity, and therefore on the socio-economics of this important sector of the Ecuadorian economy. Only scenario 2 showed an important economic value in magnitude that in the long term could justify the public investment made in the irrigation project, while maintaining an adequate provision of the ecosystem services analyzed.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

El presente reporte sigue la estructura de 6 pasos propuesta por TEEB para la realización de Estudios de valoración de Servicios Ecosistémicos (SE)¹. La figura 1.1 a continuación presenta la relación entre los seis pasos, y los capítulos desarrollados en este reporte.



Figura 1.1. Relación entre enfoque de 6 pasos de TEEB para valoración de SE y capítulos del estudio

Siguiendo lo indicado en la figura anterior, el propósito de este primer capítulo es presentar el contexto en el cual se planteó el estudio TEEB-Cacao en Ecuador, y definir los objetivos general y específicos que se desarrollan en los siguientes capítulos. La primera parte de este capítulo presenta el contexto general en el cual se desarrolla el estudio.

En las siguientes sub-secciones se aborda el tema de la producción de cacao en Ecuador, así como la Estrategia Nacional de Cambio de la Matriz Productiva. Fue en el marco de esta estrategia que se construyó el proyecto de Riego Traslase Daule-Vinces, mediante el cual se busca el desarrollo agrícola, social y económico de agricultores en esta importante zona de la Cuenca del Río Guayas, la más importante cuenca hidrográfica del Ecuador en términos de producción agrícola. Al final del capítulo se explica en detalle los objetivos que persigue el presente estudio en relación con las políticas públicas que se desea informar. Estas políticas se refieren a la producción de cacao y al valor de los servicios ecosistémicos asociados a dicha producción.

¹ Más información en Guía para estudios TEEB a nivel país, versión 1.0. TEEB-ONU Ambiente.

1.1 Contexto general del estudio TEEB-Cacao, Ecuador

Los beneficios que la humanidad obtiene de la agricultura son incalculables. La agricultura alimenta a más de 6 000 millones de personas, y gracias a saltos importantes en la productividad, hoy es capaz de producir energía, materiales, medicinas, entre otros productos, convirtiéndose así en una actividad multifuncional. Sin embargo, estos beneficios tienen una contraparte de costos, que se han expresado en la degradación o pérdida de servicios ecosistémicos, como la disminución de la diversidad genética, la erosión de los suelos, la contaminación del agua, etc.

Varios estudios, como por ejemplo los reportes de la Evaluación de Ecosistemas del Milenio (Millenium Ecosystem Assessment, 2005), La Evaluación de la Gestión del Agua en Agricultura (Molden, 2007), o La Larga Sombra de la Ganadería: asuntos y opciones ambientales (FAO, 2006), proponen que la agricultura puede y debe gestionarse de forma tal que contribuya a mejorar los servicios ecosistémicos, y no limitarse solo a la producción de alimentos o materias primas. De acuerdo a Foley et al., (2005) el aumento de la producción de bienes agrícolas a expensas de otros servicios ecosistémicos ha generado cambios ambientales mundiales y locales que tienen consecuencias importantes en la salud y el bienestar del ser humano.

Una de las especies que forman parte de la biodiversidad y endemismo de la flora ecuatoriana es el Cacao (*Theobroma cacao* L.), específicamente la variedad nacional, del que aún se encuentran ejemplares cultivados o en estado silvestre. Una población de árboles de cacao se asemeja a un bosque secundario y puede albergar y contribuir a la preservación de una gran variedad de aves, animales vertebrados, reptiles y anfibios, así como contribuir a una buena gestión de los suelos y del agua. Al ser el Cacao una especie que se puede cultivar en sistemas agroforestales, presenta muy buenas oportunidades para establecerse en sistemas agroecológicos, es decir, bajo esquemas de producción sostenibles que contribuyen a mantener el ecosistema y su biodiversidad.

No obstante, la producción de cacao en Ecuador se desarrolla con poco conocimiento de sus consecuencias ambientales; y las políticas agrícolas que afectan su producción, poco o nada integran aspectos de sustentabilidad ambiental, a pesar del amplio acuerdo que parece existir sobre la necesidad de aplicarlas, e incluso sobre las posibles direcciones de la política. Lo que no está claro o es insuficiente es el conocimiento de las dinámicas que producen la degradación de los servicios ecosistémicos y su biodiversidad, así como los impactos que tendrían ciertas políticas o los aspectos idiosincráticos de los individuos que participan en la cadena de valor del cacao.

Un aspecto importante a considerar es que la producción de cacao en Ecuador involucra a un importante sector de la población rural (en muchos casos organizada), tanto en la Costa como en la Amazonía. Si a lo anterior se añade el inmenso potencial de mercado que tienen sus subproductos, el

cacao es al momento la alternativa productiva y comercial más promisoría para contribuir a la disminución de la pobreza rural, que además puede contribuir al mejoramiento de los indicadores de comercio exterior del Ecuador.

De acuerdo a Larrea (2008) los sistemas de cultivo de cacao pueden ser verdaderos bosques productivos, es decir, pueden tener una estructura y un funcionamiento muy similar a un bosque, sin que aquello implique disminuir su potencial de producción. Las características del cultivo hacen que el cacao nacional sea muy parecido a un bosque nativo, por lo menos en su estructura general. Esto lo reconocen sobre todo los productores vinculados a asociaciones, que ya trabajan en producción orgánica o verde. En estos casos, es común observar cultivos de cacao combinados con especies que ofrecen sombra al cacao, así como con prácticas de manejo de suelos y agua, y cuidado de animales silvestres que los frecuentan.

Para entender las oportunidades de aplicar este tipo de sistemas de producción en cacao, se planteó el desarrollo de un estudio TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity) bajo el auspicio del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU-Medio Ambiente) y el Ministerio del Ambiente (MA). El estudio estuvo a cargo del Centro de Investigaciones Rurales (CIR) de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). El objetivo del estudio es informar el diseño de políticas por medio de una valoración económica del sistema agro-ecológico del cacao, que evidencie la existencia de externalidades sobre los servicios ecosistémicos y la dependencia de esta actividad productiva en el capital natural.

Este estudio se desarrolla de forma específica en el área de influencia del nuevo proyecto de Riego Daule-Vinces (más conocido como Davin) que fue inaugurado por el Gobierno Nacional en diciembre de 2015. En esta área el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP) ha iniciado una campaña de fomento del cultivo de cacao, en el marco de la estrategia nacional denominada Cambio de la Matriz Productiva del país. El objetivo es la inserción de áreas con aptitud agrícola o la conversión a cultivos de alto valor comercial, que permita mejorar las condiciones de vida de las poblaciones beneficiarias y justificar la inmensa inversión en el proyecto Davin, que de acuerdo a la Agencia Pública de Noticias del Ecuador (Andes), bordea los USD 352 millones.

Según la Secretaría Nacional de Planificación del Estado (SENPLADES, 2012), las distintas combinaciones de productos, procesos productivos, relaciones sociales, así como aspectos técnicos y económicos, generan un determinado patrón de especialización, es decir una matriz productiva. La economía ecuatoriana se ha caracterizado por la producción de bienes primarios para el mercado internacional, con poca o nula tecnificación y con altos niveles de concentración de las ganancias. Estas características son las que han fijado en Ecuador un patrón de especialización primario - exportador,

que el país no ha podido superar durante toda su época republicana, lo que ha incrementado su vulnerabilidad frente a las variaciones de los precios de materias primas en el mercado internacional. Frente a ello, la propuesta de cambiar la matriz productiva, un proyecto del anterior y del actual gobierno, implica el paso de un patrón de especialización primario exportador y extractivista a uno que privilegie la producción con mayor valor agregado, así como los servicios basados en la economía del conocimiento y la biodiversidad.

Una de las industrias priorizadas en las políticas y planes para cambiar la matriz productiva es la de alimentos frescos y procesados, y uno de los productos claves en esa alternativa es el cacao y sus derivados. Y justamente, una de las principales obras para promover este cambio en el sector de alimentos es la ejecutada en la Cuenca del Río Guayas, mediante el proyecto de riego denominado Daule-Vinces (Dauvin).

Lastimosamente, la situación de la economía ecuatoriana no es la misma de hace dos años atrás cuando se inauguró el proyecto de riego (debido a varios factores, entre ellos la caída del precio del petróleo), lo cual ha disminuido el ritmo de ejecución de los planes de cambio de la matriz productiva. Aún así, se ha podido confirmar que el MAGAP continúa interviniendo en la zona mediante la promoción del cultivo de cacao, mientras varios esfuerzos privados se siguen implementando para aprovechar el gran potencial de producción de cacao en la zona.

Tres preguntas motivan este estudio: i) ¿Cuáles podrían ser los impactos de ciertas prácticas agrícolas de la producción de cacao sobre la fertilidad del suelo, la calidad del agua y la calidad del cacao en la zona de influencia del proyecto Dauvin?; ii) ¿Cuál es el impacto (valor) económico de tales prácticas sobre los servicios ecosistémicos en caso de producirse un incremento importante del área cultivada de cacao en la zona del proyecto Dauvin?; y iii) ¿Qué políticas o acciones podrían ayudar a la implementación de sistemas productivos sostenibles de cacao, que contribuyan al mantenimiento o incremento de los servicios ecosistémicos en la zona del proyecto Dauvin?

1.2 Cultivo de cacao en Ecuador

De acuerdo a Acebo (2016) la producción de cacao en Ecuador ha tenido un desempeño favorable en los últimos años, llevando al país a ubicarse entre los mayores productores y exportadores a nivel mundial. Este mismo autor, destaca la tendencia creciente del consumo mundial de cacao (4 millones TM) impulsado por el consumo de los mercados emergentes, cuya participación ha crecido hasta llegar a 34.7% en el 2014. Se estima que el valor global de la producción de cacao en grano fue de USD10 mil millones en 2012, mientras que las ventas al detalle de chocolate en el mundo alcanzaron USD107 mil millones.

Es importante mencionar que Ecuador es el cuarto exportador mundial de cacao, séptimo productor, y primer exportador de cacao fino de aroma del mundo. Si bien Costa de Marfil (Cote D'Ivoire) aporta con el 43% de la provisión global de cacao en grano, un importante segmento del mercado cacaotero mundial es el cacao fino o de aroma, que representa entre el 6% y 8% de la producción mundial. De acuerdo a Acebo (2016) un 80% de este cacao se origina en América Latina, siendo Ecuador el que más participación tiene, pues su aporte bordea el 54% del total de este segmento, con una altísima participación de pequeños productores (más del 90%). A su vez, al menos un 70% de la producción de cacao se origina en la Cuenca del Guayas.

De acuerdo a datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2015) publicada por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el área cultivada de cacao en Ecuador es de 537,410 hectáreas, de las cuales un 16% es cacao asociado, es decir, se cultiva junto a una o más especies. Hasta el último Censo Agropecuario del año 2000 (INEC, 2000) el área cultivada era de 433,978 has, con un rendimiento promedio anual de 6 quintales por hectárea. El mayor incremento de área cultivada se ha dado en la costera provincia de Santa Elena, gracias a la construcción y puesta en marcha de un proyecto de riego denominado el Trasvase de Aguas Santa Elena, el cual fue inaugurado hace casi dos décadas. En ese caso la provisión de riego se convirtió en el factor clave que permitió el desarrollo de un moderno complejo de producción de cacao.

Algo similar se espera que ocurra en la zona del proyecto de riego Dauvin, el cual está en la lista de los 14 megaproyectos implementados por el actual gobierno como parte de las inversiones en infraestructura básica para facilitar el cambio de la matriz productiva. A diferencia de la zona de Santa Elena, en el Dauvin predominan los pequeños agricultores, y las condiciones agro-edafo-climáticas son aún más favorables para el cultivo de cacao, excepto en zonas inundables, donde en la actualidad predomina el cultivo de arroz. La figura 1.2 muestra un mapa de zonificación agroecológica de la producción de cacao en el área del Dauvin que se construyó para el estudio TEEB-Ecuador a una escala 1:25,000. A primera vista se puede ver que existen áreas en la zona norte del proyecto Dauvin (que corresponden a los cantones Baba, Vinces, Palenque y Mocache en la Provincia de los Ríos) que son las más óptimas para el cultivo de cacao. En la zona del Dauvin que corresponde a la Provincia del Guayas no se identificó zonas de alta aptitud para cacao, sin que ello implique que el cultivo no se pueda desarrollar. Para hacerlo, se tendría que compensar (mediante insumos o prácticas agrícolas) la menor adecuación de las condiciones agro-edafo-climáticas para el cultivo de cacao.

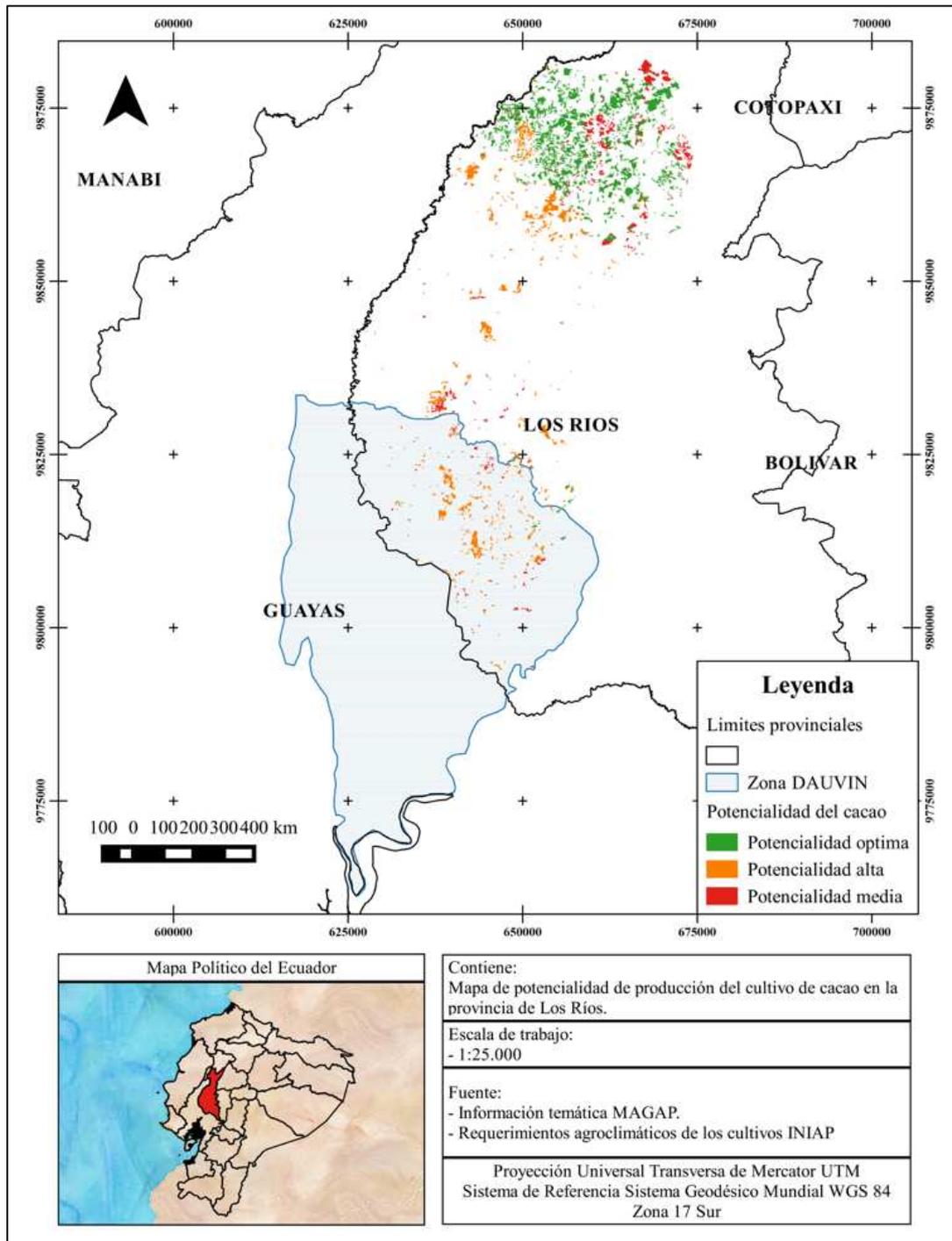


Figura 1.2. Zonificación agroecológica de Cacao en la zona del Dauvin.

1.3 Estrategia nacional de cambio de matriz productiva

Según lo especificado por la Vicepresidencia de la República del Ecuador (2015)², el gobierno nacional plantea la Estrategia Nacional para el Cambio de la Matriz Productiva, que busca encaminar

² Vicepresidencia de la República del Ecuador, 2015. Estrategia Nacional para el Cambio de la Matriz Productiva. Quito - Ecuador.

la transición de una economía basada en productos primarios a una economía post-petrolera basada en el conocimiento. En materia agropecuaria, esta estrategia tiene tres sub-estrategias:

i. Sustitución de importaciones primarias y agroindustriales:

Existen una serie de productos agropecuarios primarios y/o agroindustriales como: cereales, soya, frutas comestibles, mariscos, extractos vegetales, productos animales comestibles (leche, lácteos, miel, huevos), legumbres y hortalizas, carnes, entre otros; que representan el 58% de las importaciones agropecuarias efectuadas entre 2000 y 2013 (MAGAP, 2016)³. Con suficiente apoyo al sector agropecuario ecuatoriano, estos bienes podrían ser producidos internamente logrando un importante nivel de sustitución reduciendo la dependencia externa.

ii. Diversificación de la oferta exportable:

Según MAGAP (2016), productos agropecuarios como: banano, camarón, pescado, flores naturales, cacao, maderas, brócoli, frutas y café; y agroindustriales como: enlatados de pescados, jugos, conservas de frutas, fibra de abacá, pulpa de maracuyá, palmito enlatado, entre otros; completan la oferta exportable del país. Sin embargo, existen al menos 20 productos extras con el potencial de diversificar las exportaciones, tales como: frutas tropicales, frutas andinas, hortalizas, granos andinos, trucha, pargo, sardina, harina de pescado, ranas, ostras, pisos de madera, entre otros.

iii. Generación de la base primaria para el desarrollo agroindustrial:

El sector agropecuario tiene la oportunidad de incrementar el valor económico de sus productos, aumentando su procesamiento. Además del aumento de la producción, el procesamiento agroindustrial afectaría positivamente la economía en términos de demanda de mano de obra.

A partir de mayo de 2012, el Ministerio de Agricultura, Ganadería Acuacultura y Pesca (MAGAP), inició un proceso de análisis y revisión de la política agraria, en donde la agricultura jugaba un nuevo papel en el desarrollo, “más compleja económica y socialmente, y donde sus contribuciones tendrán muchas más dimensiones que en el pasado, que estuvo puramente ligada a la producción de alimentos baratos para promover el desarrollo industrial” (INIAP, 2014)⁴. Tomando en cuenta el potencial del sector agropecuario para la población y la economía en su conjunto, además de la capacidad de producción de alimentos que tiene el territorio ecuatoriano por encima de la demanda de su población (INIAP, 2014)⁴, se evidencia la clara necesidad de fortalecer la estructura del sector agropecuario, en particular en cadenas de alto valor económico como la del cacao.

³ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (MAGAP), 2016. La política agropecuaria ecuatoriana: hacia el desarrollo territorial rural sostenible: 2015-2025.

⁴ Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), 2014. Propuesta de Políticas Públicas para el Manejo y Conservación de Suelos en el Ecuador”.

1.4 El Proyecto de riego trasvase Daule – Vinces (Dauvin)

La génesis del proyecto Dauvin data de 1965, cuando se creó la Comisión de Estudios para el Desarrollo de la Cuenca del Río Guayas (CEDEGE). Su principal objetivo era el aprovechamiento del gran potencial hídrico de la Cuenca del Río Guayas, a través de la construcción de varias obras hidráulicas para la región, buscando aprovechar los recursos naturales (agua, suelo y clima) con que cuenta. En 1983 CEDEGE lanzó el Plan Hidráulico Regional, considerado como una guía que establecía prioridades en el desarrollo de los proyectos. La primera prioridad la tuvo la Presa Daule-Peripa cuyo principal fin fue regular las aguas del río Daule, dando cabida a muchos otros sub-proyectos hidráulicos que se desarrollaron en las últimas décadas, uno de ellos el Dauvin, el cual tuvo que esperar más de 30 años para su realización.

El Trasvase Daule–Vinces se sitúa en la cuenca baja del río Guayas, entre el río Daule y Babahoyo, antes de su confluencia, beneficiando 11 cantones de las provincias del Guayas y Los Ríos, con un área bruta beneficiada de 215,000 Has y un área de neta de 177,989 Has⁵, para impulsar el desarrollo agrícola y pesquero de la zona. El transporte de agua se da desde la estructura de toma en el río Daule a través del trasvase alimentando mediante estructuras de derivación a los cauces naturales, esteros y zonas de almacenamiento natural, de modo que el agua esté disponible en toda la zona del proyecto de manera equidistante. El Trasvase Daule – Vinces transporta un caudal de más de 90 m³ desde el río Daule hasta el río Nuevo al norte de la ciudad de Vinces, recorriendo una distancia de aproximadamente 70 km, alimentando cauces naturales como: estero San Vicente, río Macul, estero Santa Martha, río Vinces, río Pula, río Seco de Baba, río Pueblo Viejo y río Colorado, entre los principales.

Luego de 40 meses de construcción, el 22 de diciembre del 2015, se inauguró el Trasvase Daule – Vinces (o Dauvin), construido con una inversión total de 352 millones de dólares. El proyecto cuenta con 30.6 km de canal principal que toma agua del río Daule y lo transporta hacia el río Nuevo, alimentando una serie de ríos y esteros a su paso, regando aproximadamente 170,000 ha, y beneficiando a cerca de 127,000 habitantes de la poblaciones de los cantones Daule, Santa Lucía, Palestina, Colimes, Balzar, Vinces, Samborondon, Salitre, Pueblo Viejo, Baba y Babahoyo.⁶ El DAUVIN permitirán proveer de agua a los agricultores en época seca; donde antes sembraban una vez al año, ahora podrán cultivar hasta 2.5 veces en ciclo corto, asegurando una producción segura y permanente.

⁵ Asociación ACOTECNIC – Consultoría Técnica, 2011. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Trasvase Daule – Vinces.

⁶ Consultado en: <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/12/22/nota/5311968/inaugurado-proyecto-riego-daule-vinces>. Fecha: 18/03/2017

1.5 Objetivos del estudio TEEB-Cacao, Ecuador

Los objetivos que persigue este estudio son:

GENERAL

Generar conocimiento sobre el valor de los servicios ecosistémicos en la producción de cacao en la zona de influencia del Proyecto de Riego Daule-Vinces, para informar sobre las mejores políticas que podrían contribuir a mejorar las condiciones de vida de los productores locales, y aprovechar la inversión pública del proyecto de riego, sin afectar la provisión de servicios ecosistémicos.

ESPECIFICOS

- i. Construir un perfil de los productores de cacao en la zona del proyecto de riego Daule-Vinces, en términos de su composición y las prácticas agrícolas que aplican, con el propósito de identificar los escenarios de valoración económica de SE.
- ii. Evaluar el servicio ecosistémico aptitud agro-edafo-climática para la producción de cacao en la zona del proyecto Daule-Vinces.
- iii. Identificar los determinantes de la productividad del cultivo de cacao, en términos de prácticas agrícolas y su impacto sobre ciertos servicios ecosistémicos.
- iv. Estimar el valor económico del servicio ecosistémico de aptitud agro-edafológica del área de estudio para la producción de cacao.
- v. Generar propuestas de política que permitan mejorar las condiciones de vida de productores locales y el retorno de la inversión dedicada al proyecto de riego Daule-Vinces, sin afectar la provisión del servicio ecosistémico, aptitud para el cultivo de cacao.

Los contenidos de los siguientes capítulos buscan satisfacer cada uno de estos objetivos específicos de acuerdo al siguiente detalle:

- i. Objetivo específico 1: Capítulo 2
- ii. Objetivo específico 2: Capítulo 3
- iii. Objetivo específico 3: Capítulo 3
- iv. Objetivo específico 4: Capítulo 3
- v. Objetivo específico 5: Capítulo 4

CAPITULO 2: METODOLOGÍA, SERVICIOS ECOSISTÉMICOS Y ESCENARIOS DE VALORACIÓN

El propósito de este capítulo es triple. En primer lugar, se presenta de forma resumida la metodología general del estudio. A continuación, se identifican los servicios ecosistémicos que son valorados, y finalmente, se presenta un análisis estadístico que permitió generar elementos para definir los escenarios de valoración de los servicios ecosistémicos bajo análisis.

2.1 Metodología general del estudio

La figura 2.5 a continuación muestra de forma esquemática la estructura metodológica general del estudio.

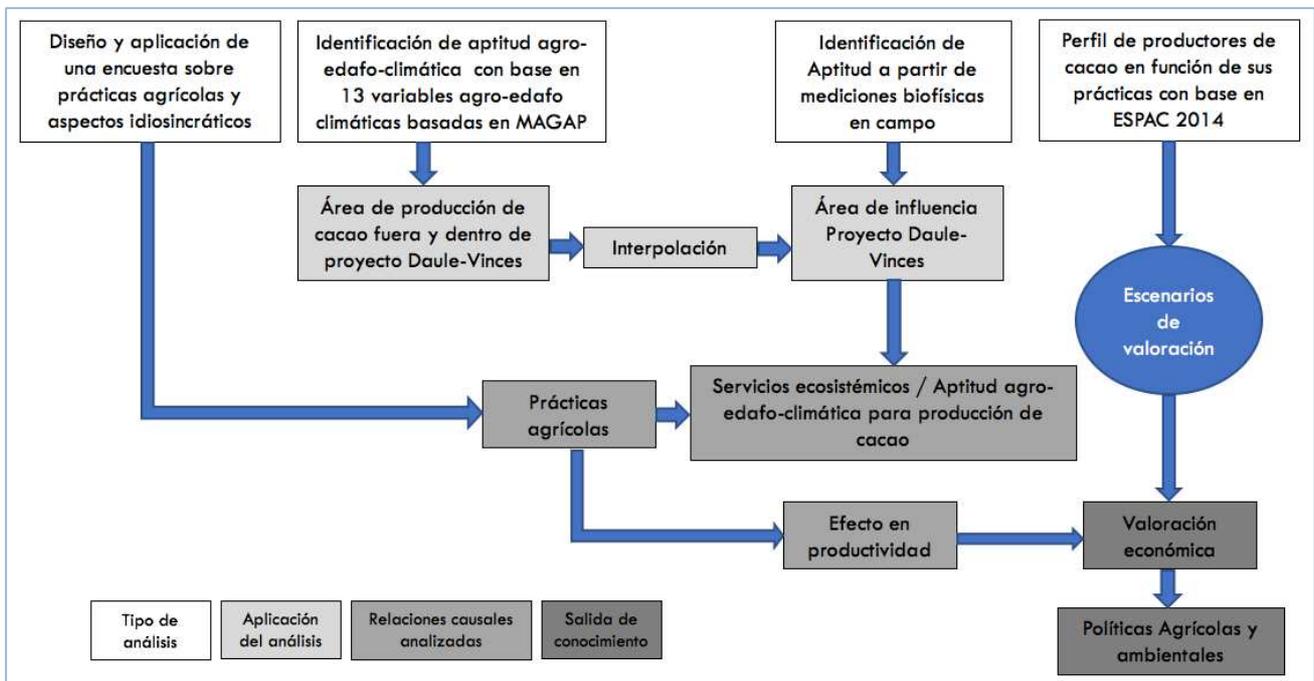


Figura 2.5 Estructura metodológica del estudio TEEB-Cacao, Ecuador

Más detalles sobre la metodología específica para los análisis indicados en los recuadros de color blanco, se encuentra en cada sección o capítulo de este informe. A partir de la información indicada en la figura 2.5, se puede observar que este estudio se basa en dos tipos de datos (primaria y secundaria⁷), al menos 4 tipos de análisis distintos aplicados a dos ámbitos geográficos (área Davin ampliada, y área Davin). A partir de estos productos intermedios de información se desarrolló los

⁷ Datos primarios son aquellos que se obtienen directamente de la realidad, recogidos (produciéndolos) con instrumentos de recolección propios. En este estudio datos primarios son los obtenidos por medio de la encuesta y por medio de los muestreos biofísicos en campo. La datos ya existentes son por tanto los datos de tipo secundario.

análisis de causalidad necesarios para identificar los determinantes del valor económico de los SE evaluados, así como su impacto sobre la productividad y la socio-economía del cultivo de cacao.

2.1.1 Recolección de datos primarios

Dos tipos de datos primarios se recolectaron en este estudio:

- I. Datos de producción de cacao, prácticas agrícolas y aspectos idiosincráticos, que fueron recolectados por medio de una encuesta y un plan muestral.
- II. Datos del estado de los servicios ecosistémicos mediante una campaña de muestreo biofísico que incluyó muestras de suelos, agua y hojas de plantas de cacao.

Para el diseño y aplicación del cuestionario, se consideró un formato semi-estructurado con preguntas cerradas. El formato de encuesta se encuentra en el anexo 1. En total se logró aplicar 511 encuestas repartidas en las distintas áreas de producción de cacao dentro del área de influencia del Dauvin, y en las inmediaciones del mismo. Para su aplicación se trabajó con 4 encuestadores, un supervisor de campo y un tabulador. La encuesta incluyó las siguientes secciones:

- Preguntas para localizar la unidad de producción agrícola,
- Información general del entrevistado y de la UPA.
- Información económica del entrevistado y de la UPA.
- Información sobre los equipos y maquinas que utiliza para la producción, tanto propios como rentados.
- Mano de obra y financiamiento.
- Preguntas sobre las prácticas agrícolas para la producción de cacao, relacionadas con: material de siembra riego, fertilización, uso de plaguicidas, realización de podas, cosecha, postcosecha, comercialización, así como información sobre la pertenencia y participación en organizaciones de productores.

En relación con los datos biofísicos, se tomó un total de 150 muestras de suelo, agua y hojas de plantas de cacao en diferentes fincas de pequeños, medianos y grandes productores de cacao. Estas muestras corresponden a 511 de los productores encuestados. Es decir, 150 unidades de producción de cacao fueron muestreados y encuestados, mientras los restantes 361 solo respondieron la encuesta. Tanto para la aplicación de la encuesta como del muestreo biofísico, se seleccionaron puntos repartidos aleatoriamente en las áreas donde existe aptitud para el cultivo de cacao, de acuerdo a lo indicado en el anexo 2.

Los parámetros medidos en el muestreo biofísico son: nitrógeno total, fósforo, pH, materia orgánica, textura y humedad, metales pesados (cadmio y plomo⁸), microorganismos totales en suelo. Entre los parámetros a medir dentro de las muestras de calidad de agua tenemos: nitrógeno total, fósforo, pH, conductividad eléctrica, metales pesados (cadmio y plomo). En las muestras de hojas se midió solo la presencia de metales pesados (cadmio y plomo). En el anexo 3 se encuentra un informe detallado de los métodos de muestreo y de análisis en laboratorio de las muestras biofísicas.

2.1.2 Recolección de datos secundarios

Diversos tipos de datos secundarios fueron recolectados para este estudio. La lista a continuación detalla la información a la que se logró acceder de diversas fuentes:

- Área del Proyecto Trasvase Daule-Vinces (ACOTECNIC, 2011)
- Mapa de Aptitudes Agrícolas del Ecuador Año 2002 (MAGAP, publicación: noviembre 2011)⁹
- Mapa de Cobertura y Uso de Suelo (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Mapa de Ubicación de Centros de Acopio (MAGAP, elaboración: noviembre 2012)¹
- Mapa de Uso Adecuado y Conflictos de Uso de la Tierra Año 2002 (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Mapa de Cuencas Hidrográficas Año 2002 (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Mapa de Suelos (IEE-MAGAP –SINAGAP-, elaboración: 2013)
- Mapa de Suelos del Ecuador – Pendientes Año 2002 (MAGAP, elaboración: noviembre 2011)¹
- Mapa de Suelos del Ecuador – Textura Año 2002 (MAGAP, elaboración: noviembre 2011)¹
- Mapa de Suelos del Ecuador – Taxonomía Año 2002 (MAGAP, elaboración: noviembre 2011)¹
- Mapa de Subcuencas Hidrográficas Año 2002 (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Mapa de Zonas de Precipitación (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Mapa Ecológico (MAGAP, publicación: noviembre 2011)¹
- Identificación de Zonas Productivas de Cacao a nivel Nacional (MAGAP-CGSIN, publicación: abril 2013)¹⁰

⁸ No se pudo utilizar el Mapa de Contenido de Cadmio en Suelos de Zonas Cacaoteras del Ecuador, debido a su escala y a la baja confiabilidad por causa de la metodología empleada en la elaboración del mapa.

⁹ Fuente: Convenio MAG-IICA-CLIRSEN, Año 2002. Escala 1:250000

¹⁰ Fuente: Convenio MAGAP-CLIRSEN, Año 2002. Escala 1:250000

- Mapa de Zonificación Agroecológica-Económica del cultivo de Cacao (*Theobroma cacao*) en el Ecuador¹¹
- Mapa de Tipos de Clima del Ecuador Año 2002¹
- Mapa de Zonas de Temperatura (MAGAP, publicación: enero 2012)¹
- Mapa de Zonas de Precipitación (MAGAP, publicación: febrero 2012)¹
- Mapa Geopedológico (MAGAP, en elaboración)¹²
- Mapa de Uso y Cobertura del Suelo (MAGAP, publicación: 2014)¹³
- Mapa de Contenido de Cadmio (Cd) en Suelos en Zonas Cacaoteras del Ecuador (INIAP, publicación: octubre 2009)¹⁴
- Mapa de Contenido de Cadmio (Cd) en Almendras de Cacao en Zonas Cacaoteras del Ecuador (INIAP, publicación: octubre 2009)⁶

Adicionalmente se identificó y recopiló ciertos mapas que son de alta importancia para la ejecución del estudio:

- **Mapa de Cuencas Hidrográficas:** El mapa de Cuencas Hidrográficas proporcionado por el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP) ayuda a situar el área de estudio dentro de la cuenca del río Guayas.
- **Mapa de área del Proyecto Traspase Daule-Vinces:** El mapa final del área de influencia del proyecto será nuestra guía para determinar qué áreas del proyecto tienen aptitud agrícola para el cacao. El mapa pudo ser conseguido en conversaciones con la Empresa Pública del Agua (EPA), anteriormente la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), que fue el ente promotor del proyecto.
- **Uso y Cobertura de Suelo:** Mapa utilizado como base (escala 1:100000, al año 2014), para construir inicialmente un área de presencia de cultivos, excluyendo principalmente zonas pobladas.
- **Geopedología de Suelo:** Actualmente existe un mapa geopedológico que está siendo elaborado por el MAGAP (por lo que en la actualidad no está publicado), sin embargo, los datos para área de interés del presente estudio se encuentran disponibles; datos del suelo

¹¹ Fuente: Requerimientos agroclimáticos de los cultivos – INIAP, enero 2014. Escala 1:250000

¹² Fuente: MAGAP, en elaboración. Escala 1:25000

¹³ Fuente: MAGAP, Año 2014. Escala 1:100000

¹⁴ Fuente: Convenio INIAP-GTZ-ANECACAO-CORPEI, Año 2009. Escala 1:900000

como: pendiente, textura, profundidad, pedregosidad, calidad de drenaje, nivel freático, pH, toxicidad, capa de materia orgánica, salinidad, fertilidad y salinidad (a escala 1:25000).

- **Datos climáticos:** Al no existir estaciones meteorológicas dentro del área de estudio y debido a los vacíos de la información climática generada en el país, se decidió utilizar la base de datos internacional WorldClim¹⁵; que genera aproximaciones, con resolución de 1 km², de parámetros climáticos como: precipitación media y temperatura media, mediante extrapolaciones del clima global.

2.2 Servicios ecosistémicos y producción agrícola

De acuerdo a TEEB (2015), la agricultura es la causa de alrededor del 70% de la pérdida prevista de biodiversidad terrestre. La expansión de las tierras agrícolas en praderas, sabanas y bosques contribuye a esta pérdida y genera costos sociales que no siempre son tomados en cuenta. No obstante, la agricultura también realiza aportaciones positivas a la naturaleza, si se gestiona de una manera adecuada. Estos beneficios y costos suelen ser invisibles en el sentido de que no se comercia con ellos y no tienen un precio en el mercado, pero, a pesar de ello, tienen determinados efectos sobre el bienestar humano y sobre la calidad de los servicios ecosistémicos. Tomando en cuenta los desafíos mencionados, el presente estudio busca la integración del valor de los servicios ecosistémicos en la toma de decisiones e instrumentos de planificación del sector agrícola ecuatoriano, de forma específica, en el sector cacaoero de la zona de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces.

La figura 2.1 a continuación muestra la forma básica de un sistema agroalimentario multifuncional basado en TEEB (2015)¹⁶. Se considera la simiente, los cultivos, y su producción, tanto de alimentos como de materias primas y otros bienes tangibles o intangibles como, por ejemplo, la herencia cultural, relacionada con el mantenimiento de una tradición cultural, o la transmisión de saberes ancestrales, que permiten la vigencia de prácticas orientadas al bienestar humano, entre otros bienes.

¹⁵ Consultado en: www.worldclim.org, agosto 2016

¹⁶ The Economics of Ecosystem & Biodiversity (TEEB). Information Brochure TEEB for Agriculture and Food.



Figura 2.1. Sistema agroalimentario multifuncional

El sistema mostrado en la figura 2.1 solo considera el sistema agrícola de forma parcial, pues su funcionamiento es posible solo en la medida en que otros sistemas aportan diversos factores o insumos, aunque también podrían resultar afectados o beneficiados por las externalidades que produce la actividad agrícola. Un claro ejemplo de lo anterior es la provisión de insumos agrícolas desde otros sistemas económicos, o la provisión de mano de obra. En el caso de las externalidades, un claro ejemplo de una afectación negativa sobre la salud humana es el consumo de productos agrícolas contaminados. La figura 2.2 a continuación muestra la agregación de los sistemas económicos y sociales al sistema agroalimentario mostrado en la figura 2.1 anterior.

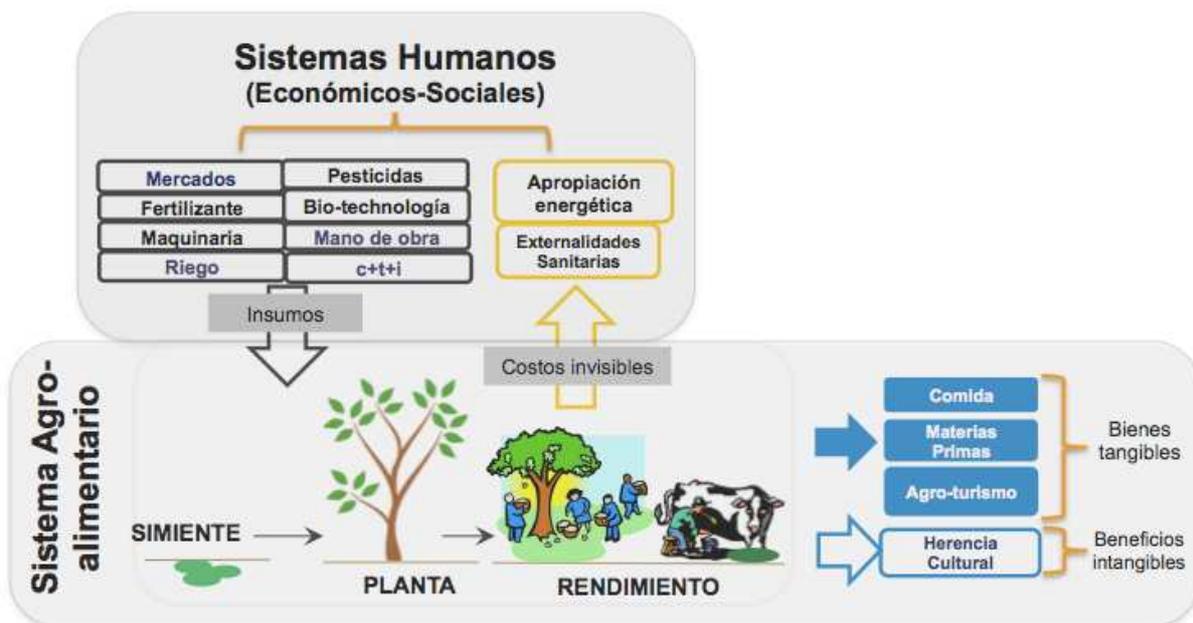


Figura 2.2. Interrelación entre los sistemas económicos y sociales con el sistema agroalimentario

Como puede observarse, la figura 2.2 muestra un sistema más complejo, pero aún incompleto. Esto se debe a que los sistemas agroalimentarios se desarrollan en ecosistemas y reciben una influencia directa de la biodiversidad contenida en ellos. A su vez, los sistemas agroalimentarios pueden producir

afectaciones al ecosistema y su biodiversidad, que podrían ser positivas y negativas. A continuación, la figura 2.3 agrega los ecosistemas y la biodiversidad a los sistemas mostrados en las figuras anteriores, así como también la interacción con los factores asociados al clima, que también podrían ser beneficiados o afectados. Se puede apreciar que el sistema agroalimentario produce costos invisibles para los sistemas humanos, los ecosistemas y la biodiversidad. A su vez, recibe beneficios del ecosistema, y su funcionamiento es posible por la provisión de factores, tecnologías, y otros factores que provienen de otros sistemas económicos y sociales.

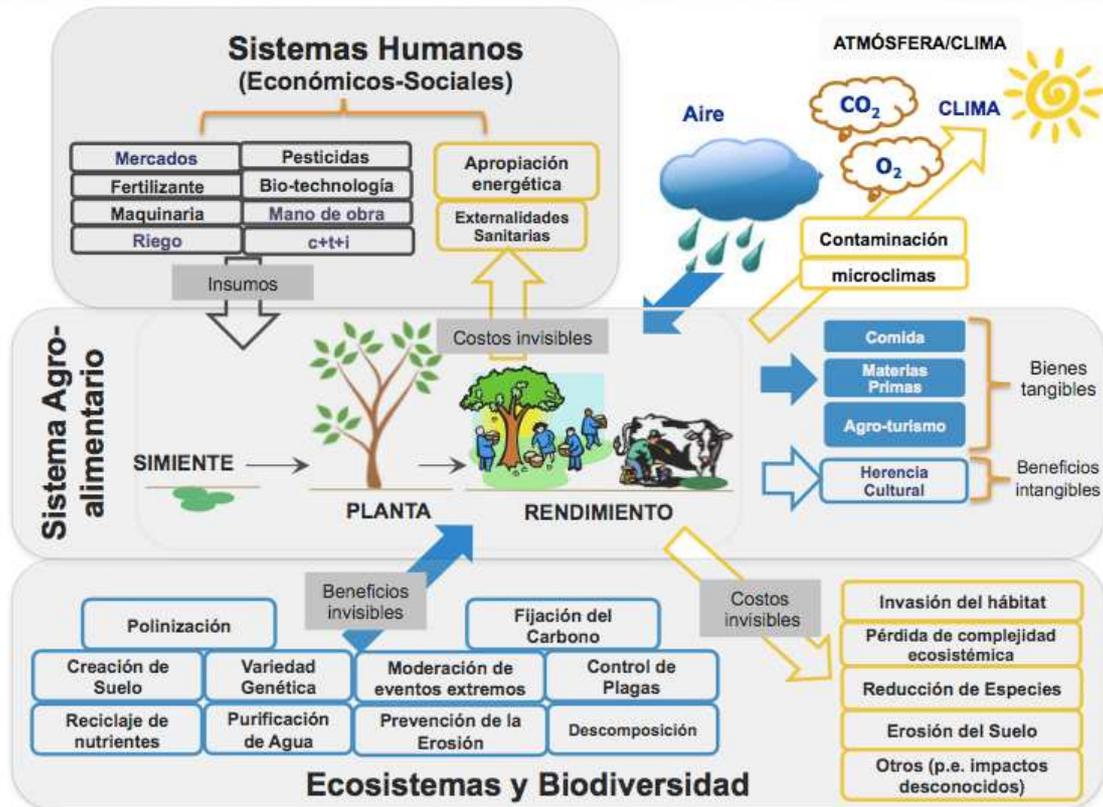


Figura 2.3. Relación entre sistemas agroalimentarios, humanos, ecosistemas y biodiversidad

Los servicios ecosistémicos que se analizan en este estudio se relacionan con la formación y la degradación de suelos (erosión), la fertilidad del suelo y su capacidad de remoción de contaminantes; la calidad del agua de riego y de la planta de cacao, todos estos servicios en conjunto definiendo la aptitud del ecosistema para la producción de cacao. La tabla 2.1 a continuación muestra la relación entre tres recursos agrícolas (suelo, agua, planta) que serán evaluados en este estudio, y los servicios ecosistémicos de interés.

Tabla 2.1. Recursos agrícolas y servicios ecosistémicos analizados

Recursos agrícolas	Servicio Ecosistémico / Aptitud agro-edafo-climática para cultivo de cacao	Función
Suelo	Formación y erosión del suelo	Regulación de flujos de agua y erosión
	Fertilidad del suelo	Función química / Función orgánica
	Absorción/Remoción contaminantes	Dilución contaminantes
Agua	Calidad del agua	Hidratación del cultivo
Hojas	Calidad de planta	Retención contaminantes

En el capítulo 3 se encuentra una discusión más detallada sobre los servicios ecosistémicos que se evalúan en este estudio. El supuesto es que ciertas prácticas agrícolas afectan la calidad de los servicios ecosistémicos, y a su vez, esto afecta la productividad del cultivo y consecuentemente, la economía y situación social del cultivo de cacao. Según Larrea (2008), diferentes prácticas (como, por ejemplo, la aplicación de productos químicos, o la existencia de un solo tipo de hojarasca indicativo de monocultivo, o un mal manejo del agua de riego), pueden afectar las características del cacao. Lo anterior a su vez tiene consecuencias en la biodiversidad que convive con el cultivo y que interviene en el buen funcionamiento del suelo, por lo que un buen manejo del cultivo es fundamental para el ecosistema del cacao. De acuerdo a este autor, existen por lo menos 9 prácticas básicas que ayudarían a tener un cultivo-bosque de cacao con prácticas amigables con el ecosistema y su biodiversidad. Estas son: i) no transformar los bosques a cultivo; ii) incrementar la diversidad de árboles de sombra (no necesariamente la cantidad, sino la variedad); iii) proteger las fuentes de agua con especies adecuadas; iv) incrementar la variedad de hojarasca; v) mantener labores de cultivo adecuadas; vi) evitar en lo posible el uso de agroquímicos; vii) evitar dañar las plantas que crecen sobre los arboles; viii) proteger y mantener la fauna asociada; y ix) formar bordes de protección.

Para este estudio se decidió evaluar al menos 3 tipos de prácticas de cultivo y de cosecha o pos-cosecha del cacao: i) las prácticas que afectan al sistema biótico; ii) las que afectan al agua; y iii) las que afectan la calidad del producto final. Estos 3 tipos de prácticas agrícolas a su vez tienen impactos sobre al menos 3 tipos de elementos que serán medidos en este estudio: i) la fertilidad del suelo; ii) la calidad del agua; y iii) la calidad del producto a partir de la presencia de contaminantes como cadmio o plomo, indistinto de la variedad de cacao. Para la valoración económica, estos 3 últimos elementos serán relacionados a su vez con dos elementos importantes de la producción y la socio-economía del cacao: i) la productividad del cultivo, en relación con la hipótesis de que ciertas prácticas sostenibles pueden no ser favorables a la productividad; y ii) los ingresos económicos de los productores de cacao, en relación con la posibilidad de que el cacao se convierta o no en una alternativa que contribuya a

mejorar las condiciones de vida de poblaciones rurales en la zona específica del proyecto Davin. La figura 2 muestra un esquema que resume la idea central del estudio TEEB-Ecuador. Esta idea consiste en implementar una valoración económica de prácticas agrícolas en cacao a partir del estudio (medición) de ciertas variables biofísicas y agro-socio-económicas en la zona de influencia del proyecto de riego Davin.

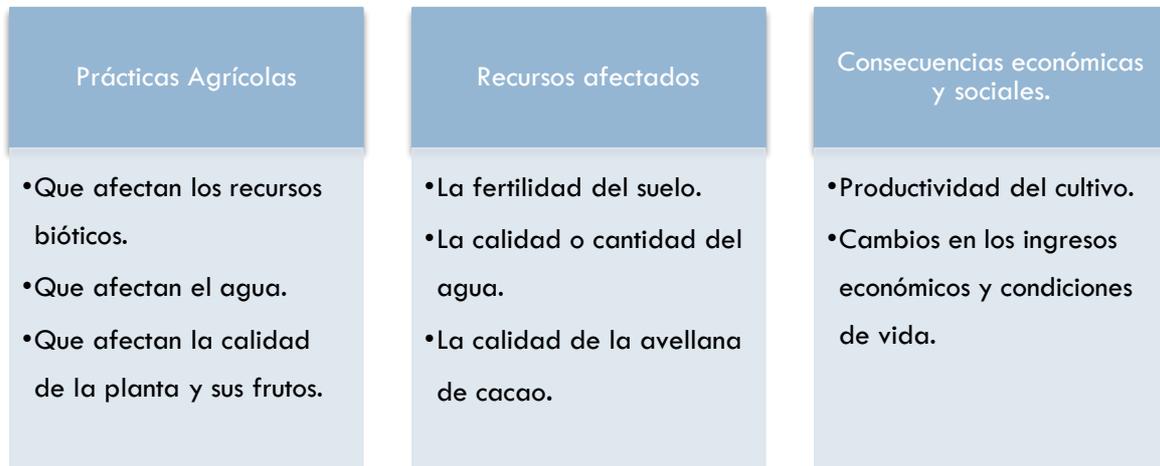


Figura 2.4 Prácticas agrícolas en cacao, efectos y consecuencias.

La propuesta es estudiar en diferentes unidades de producción de cacao (fincas) elementos como pH, nitrógeno, fósforo, materia orgánica, textura, humedad, microorganismos, y metales pesados (cadmio y plomo); en agua elementos como nitrógeno, fósforo, pH, conductividad eléctrica, metales pesados; y en la planta y fruto, elementos como cadmio y plomo. Con estas mediciones será posible establecer una medición de tipo latente de los conceptos asociados a los recursos afectados indicados en el segundo cuadro de la figura 2.4. Estos son: suelo fértil, agua de calidad, y producto de calidad, en relación con las prácticas agrícolas (columna 1). Finalmente, la valoración económica analizará aspectos como la productividad y los ingresos de los productores de cacao en relación con sus condiciones de vida. Lastimosamente no existe información previa sobre la adopción de las prácticas mencionadas por Larrea (2008), y su relación con los impactos y consecuencias indicados en la figura 2.4.

2.3 Escenarios de valoración económica

Para la realización del estudio se requiere la definición de escenarios de valoración económica que evidencien los posibles resultados de las acciones de los actores de la cadena del cacao en relación con la generación/provisión de servicios ecosistémicos. La definición de escenarios de valoración no ha resultado un paso sencillo en la práctica, por lo cual se ha desarrollado un cuerpo amplio de teoría y aplicaciones. En su forma más básica, un escenario describe lo que el futuro podría ser y ayuda a

cristalizar las condiciones biofísicas, sociales y económicas que las personas valoran más. La idea es que a través del desarrollo de escenarios se pueda proveer información sobre los cambios comparativos en los servicios ecosistémicos, bajo distintas posibles condiciones físicas, económicas o sociales. En el caso de este estudio, los escenarios se definen en parte por las distintas prácticas agrícolas que usan los agricultores para manejar su cultivo de cacao, por lo cual resulta relevante estudiar con mayor detalle tales prácticas. En la siguiente sección se presenta los resultados de un análisis estadístico exploratorio de tipo multivariante que permite concluir con una tipología de productores de cacao a partir de sus prácticas. Estos resultados luego son usados para de manera más precisa definir los escenarios de valoración económica del estudio TEEB-Ecuador.

La tipología que a continuación se desarrolla es aplicable a los productores de cacao de las provincias del Guayas y Los Ríos. El objetivo es proveer información que permita una definición más precisa de escenarios de valoración económica para este estudio. Para la construcción de la tipología, se usó la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, INEC-2014¹⁷) cuyo diseño muestral permite establecer la provincia como dominio auto-representativo más pequeño. Esta base de datos tiene 1,317 observaciones en las dos provincias mencionadas, y muestra información de prácticas a nivel de parcela para varios cultivos permanentes, entre ellos el cacao.

Dado que las prácticas y características de los productores están asociadas a un conjunto de variables cualitativas y cuantitativas, se usó el método llamado Two-Step Cluster (clúster en dos pasos), que permite combinar estos dos tipos de variables, mediante el uso de distancias basadas en las variaciones de la función conjunta de verosimilitud. Para ver más información sobre el método ver Chiu et al, (2001). Este algoritmo asume que las variables cuantitativas siguen una distribución normal y las cualitativas una distribución multinomial, además de asumir independencia entre las variables y las observaciones, para la construcción de la función conjunta de verosimilitud.

El método Two-Step Cluster tiene como ventaja que permite la estimación del número óptimo de clústeres de forma automática mediante el uso de criterios de información. También permite la determinación de la importancia relativa de cada variable en el clúster, mediante el análisis de la contribución de cada una a la disminución de la distancia probabilística en la configuración final de los clústeres resultantes. Además, el método es robusto a la violación de los supuestos de construcción de la función de verosimilitud ya que permite el manejo de datos extremos. Para ello, el algoritmo asume en cada iteración que el clúster que se forme con un tamaño inferior a un umbral mínimo¹⁸, comparado con el clúster más grande, debe ser ignorado ya que este contendrá datos extremos. Luego procede

¹⁷ No se usó la ESPAC 2015 por cuanto sus resultados aún son preliminares, y no están publicados los datos sobre prácticas agrícolas.

¹⁸ En este caso se usó un umbral estándar de 10%.

a actualizar la conformación de los clústeres en la siguiente iteración ignorando los casos etiquetados de esta forma. Una vez finalizado el proceso de formación de clústeres, se evaluó la calidad de los resultados mediante la medida de silueta para cohesión y separación.

Para lograr que los datos de la ESPAC se adecuen a los supuestos sobre la distribución de las variables cualitativas y cuantitativas, se consideró realizar el análisis de las prácticas por grupos de agricultores con base en el área sembrada, pues previamente se determinó que existía una variabilidad considerable de tales áreas, con fincas que van desde menos de media ha, hasta fincas de más de 100 ha, con un coeficiente de asimetría de 7.523 (0.067) y una curtosis de 66.46 (0.135)¹⁹. Estos dos últimos indicadores sirvieron para confirmar que el supuesto de normalidad no es adecuado cuando se trabajaba con todos los agricultores como un solo grupo. Para disminuir la asimetría y la curtosis se procedió a formar dos grupos de productores: los pequeños (menos de 20 ha.), y los medianos y grandes hasta 120 ha. Con estos dos grupos se cubre más del 98% de los productores registrados en la ESPAC. Se excluyó así a los productores de más de 120 has con el objetivo de atenuar posibles sesgos por datos extremos, pues además representan menos del 2% de la muestra.

Una vez formados estos 2 grupos de estudio, se recalculó los indicadores de distribución de los datos y se obtuvo reducciones considerables tanto de la asimetría como de la curtosis. La tabla 2.2 muestra la distribución del área sembrada en percentiles y en número de productores.

Tabla 2.2 Distribución de productores de cacao según su tamaño en ESPAC

Percentil	Has. sembradas de cacao	Número de productores
5	0.25	1,227 productores pequeños hasta 20 ha. (93.2%).
10	0.47	
25	1.00	
50	2.10	
75	5.50	
90	12.98	
95	40	90 productores medianos y grandes hasta 120 ha. (6.8%).
97	100.14	
99	284.41	No incluidos.

¹⁹ El coeficiente de asimetría mide el grado de sesgo que presenta una distribución, o la concentración de datos hacia la derecha o izquierda de la media muestral. La curtosis es una medida del grado de concentración que presentan los datos hacia las colas de la distribución. En una distribución normal, el coeficiente de asimetría observado debe estar cerca de 0, mientras que la curtosis debe oscilar en el orden de 3.

La tabla 2.3 muestra un listado de las variables que se seleccionaron de la ESPAC para la construcción de la tipología de prácticas y características de los productores de cacao en Guayas y Los Ríos.

Tabla 1.3 Variables de la tipología de prácticas y características de productores de cacao

Tipo	Variable	Denominación
Cuantitativas	Superficie plantada	superf_plantada
	Superficie cosechada	superf_cosech
	Rendimiento por hectárea (ratio entre superficie cosechada versus superficie plantada).	rend_ha
	Porcentaje de cultivo asociado	perc_asoc
	Eficiencia en la cosecha (ratio entre superficie cultivada y superficie plantada)	efic_cosech
	Edad productiva	perc_edad_prod
Cualitativas	Uso de fertilizantes orgánicos	uso_fertorg
	Uso de Plaguicidas orgánicos	uso_plagorg
	Uso de fertilizantes químicos	uso_fertqui
	Uso de Plaguicidas químicos	uso_plagqui
	Tecnificación del riego	tecnif_riego

A partir de una exploración preliminar del comportamiento de las principales variables estudiadas se puede indicar que:

1. Apenas el 13.3% de la superficie cultivada es asociada con algún tipo de cultivo.
2. El uso de riego es limitado. Un 62.3% de las parcelas no lo utiliza. Además, la mayor parte de sistemas instalados son tradicionales, siendo una minoría los sistemas tecnificados de riego.
3. El uso de fertilizantes y plaguicidas orgánicos es casi nulo, por lo cual no fueron incluidos en el análisis, pues no contribuirían a segmentar grupos diferenciados por prácticas. Casi la totalidad de los fertilizantes y plaguicidas utilizados son químicos.

Una vez analizados los datos de la ESPAC se obtuvo dos tipos o perfiles para el grupo de los pequeños y tres para los medianos-grandes. A continuación, se describen los resultados en cada caso.

2.3.1 Perfiles de prácticas y características de los pequeños productores de cacao

A partir del análisis estadístico descrito en el apartado anterior, se obtuvo dos perfiles o clústeres de prácticas y características de agricultores para el caso de los pequeños productores hasta 20 ha. El primer perfil o clúster representa el 52.6% de los encuestados (612), y el segundo el 47.4%. La tabla 3 muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 2.4 formación de clústeres de prácticas y características de pequeños agricultores de cacao (menos de 20 ha.)

Perfiles formados		Perfil 1	Perfil 2
Tamaño de cada perfil		612 (52.6%)	551 (47.4%)
Variables	Importancia relativa	Categoría y Porcentaje	
uso_fertqui	1.00	Si (74.5%)	No (100%)
uso_plagqui	0.93	Si (74.5%)	No (100%)
tecnif_riego	0.33	Sist. tradicionales/ Sist. Tecnificados (55.4%)	No uso (86.9%)
rend_ha	0.18	0.60	0.36
perc_edad_prod	0.05	0.93	0.98
efic_cosech	0.03	0.98	0.95
superf_plantada	0.01	3.40	2.94
perc_asoc	0.00	11.00	11.80
Calidad del análisis de Clústeres/Medida de Silueta de cohesión y separación:			0.40 (buena)

Con base en la importancia relativa de la variable para la predicción resultante por el método Two-Step Cluster, la tabla 2.4 muestra que son 3 las variables que pesan para discriminar los dos perfiles formados dentro del grupo de los pequeños agricultores de cacao (valores de importancia mayores a 0.3). Estas son: uso_fertqui; uso_plagqui; y tecnif_riego. Nótese que estas 3 variables se refieren a prácticas agrícolas y no a características del cultivo, por lo que puede decirse que, en este caso, los perfiles obtenidos se refieren estrictamente a prácticas. En conclusión, son las prácticas las que diferencian a estos dos grupos de pequeños productores de cacao encontrados.

El perfil 1 define un productor pequeño cuyo rendimiento medio es de 0.60 Ton/ha, que asocia el 11% de la superficie cultivada, encontrándose que el 93% de su plantación está en edad productiva. La mayor parte de productores pertenecientes a este perfil utilizan tanto fertilizantes como plaguicidas y sistemas de riego (ya sean tradicionales o tecnificados), aunque un número importante de los productores en este perfil no utiliza riego. Por otra parte, el perfil 2 denota un productor pequeño

cuyo rendimiento medio es de 0.36 Ton/Ha, que asocia el 11.80% de la superficie cultivada, encontrándose que el 98% de su plantación está en edad productiva. El nivel de tecnificación para este grupo es nulo, ya que casi ninguno utiliza ni fertilizantes, ni plaguicidas, ni tampoco ningún tipo de sistema de riego.

2.3.2. Perfiles de prácticas y características de los medianos y grandes productores de cacao

A partir del análisis estadístico, se obtuvo tres perfiles de prácticas y características de agricultores para el caso de los medianos y grandes productores hasta 120 ha. El primer perfil o clúster representa el 50.9% de los encuestados (28 productores), el segundo el 56.7% (15 productores) y el tercero el 21.8% (12 productores). La tabla 2.5 muestra un resumen de los resultados obtenidos.

Tabla 2.5 formación de clústeres de prácticas y características de pequeños agricultores de cacao (menos de 20 ha.)

		Perfil 1	Perfil 2	Perfil 3
Tamaño de cada perfil		28 (50.9%)	15 (46.7%)	12 (21.8%)
Variables	Importancia Relativa.	Categoría y Porcentaje		
tecnif_riego	1.00	Sist. tecnificados (100%)	Sist. tradicionales/Sist. Tecnif. (53.3.3%)	No uso (91.7%)
uso_fertqui	0.81	Si (89.3%)	Si (100.0%)	No (100.0%)
rend_ha	0.54	1.24	0.86	0.19
uso_plagqui	0.48	Si (67.9%)	Si (100.0%)	No (91.7%)
superf_plantada	0.37	67.41	47.68	27.75
efic_cosech	0.11	1.00	0.96	0.93
perc_asoc	0.08	0.00	9.63	8.33
perc_edad_prod	0.05	0.90	0.91	1.00
Calidad del análisis de Clústeres/Medida de Silueta de cohesión y separación:				0.30 (buena)

Como puede observarse en la tabla 2.5, son 4 las variables que pesan para discriminar los 3 perfiles formados dentro del grupo de los medianos y grandes agricultores de cacao. Estas son: tecnif_riego; uso_fertqui; rend_ha y uso_plagqui. Nótese que 3 de las 4 variables se refieren a prácticas agrícolas y solo una a características del cultivo, por lo que puede decirse que, en este caso, los perfiles obtenidos se basan mayoritariamente en información sobre prácticas agrícolas.

El perfil 1 define a un productor grande cuyo rendimiento medio es de 1.24 Ton/Ha, que no asocia el cultivo, encontrándose que el 90% de la superficie cultivada está en edad productiva. La mayor parte de productores pertenecientes a este perfil utilizan tanto fertilizantes como plaguicidas químicos, y sistemas de riego tecnificados. Por otra parte, el perfil 2 denota un productor mediano cuyo rendimiento medio es de 0.86 Ton/Ha, que asocia el 9.63% de la superficie cultivada, encontrándose que el 91% de su plantación está en edad productiva. La mayor parte de los productores en este grupo utilizan tanto fertilizantes como plaguicidas, mientras que se observa una proporción similar de productores que utilizan sistemas de riego tradicionales y también de productores que no utilizan ningún sistema de riego.

Por último, el perfil 3 denota un productor mediano cuyo rendimiento medio es de 0.19 Ton/Ha, que asocia el 8.33% de la superficie cultivada, encontrándose que el 100% de la plantación está en edad productiva. El nivel de tecnificación para este grupo es nulo, ya que casi ninguno utiliza fertilizantes, plaguicidas químicos, ni tampoco ningún tipo de sistema de riego. A manera de resumen, la tabla 2.6 muestra la tipología de agricultores con base en su tamaño, sus prácticas agrícolas y ciertas características de la producción, aunque estas últimas en su mayoría no resultaron significativas en el análisis estadístico.

Tabla 2.6 resumen de perfiles de agricultores por tamaño según sus prácticas.

Grupo	Perfil	Descripción	Participación %
Productores pequeños (menos de 20ha)	Perfil 1	Productor pequeño con sistemas de riego tradicional/tecnificado y uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	50.25%
	Perfil 2	Productor pequeño con sin uso de riego ni uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	45.24%
Productores medianos/grandes hasta 120 Ha	Perfil 1	Productor grande con sistemas de riego tecnificado y uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	2.30%
	Perfil 2	Productor mediano con sistemas de riego tradicional/tecnificado y uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	1.23%
	Perfil 3	Productor mediano sin uso de riego ni uso de fertilizantes y plaguicidas químicos.	0.99%

2.3.3 Escenarios de valoración económica

A partir de los resultados anteriores, es posible confirmar que existen diferentes prácticas entre los distintos tipos de productores de cacao según su tamaño. No se puede afirmar que las prácticas de los pequeños o de los medianos y grandes sean mejores o peores, pues en ambos casos se observa, por ejemplo, el uso de sistemas de riego no tecnificado, o el uso de plaguicidas o fertilizantes químicos. A su vez, en ambos casos el uso de fertilizantes o plaguicidas de origen natural fue mínimo o nulo. El problema más bien sería la predominancia de ciertos tipos de tamaño de productores en la zona de estudio, lo cual podría limitar la adopción de prácticas que impliquen inversiones o costos de operación más altos. Este sería el caso particular de los pequeños productores, que, debido a limitaciones financieras, podrían decidir no adoptar prácticas que sean más amigables con el ambiente, con lo cual su actividad podría convertirse en una amenaza para la producción de servicios ecosistémicos. De la misma manera, siendo que para el caso de los medianos y grandes la productividad es un factor clave (variable *rend_ha*), estos podrían preferir adoptar prácticas que no afecten su rendimiento en algunos casos en detrimento de la conservación y/o producción de servicios ecosistémicos. En función de lo anterior, los escenarios de valoración económica propuestos para el estudio son:

- **Escenario 0 (tendencia actual-BAU):** Incremento marginal del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin pues no se completan las inversiones en obras secundarias, entre otros factores. El área cultivada de cacao crece a una tasa igual al crecimiento tendencial del cultivo de cacao en la zona de estudio (10% aproximadamente); Las prácticas agrícolas no cambian significativamente y por tanto no se incrementa (y eventualmente se reduce) la producción de servicios ecosistémicos. En relación al proyecto de riego, este finalmente no muestra los beneficios planeados en relación con la productividad agrícola, y el mejoramiento de las condiciones de vida de los beneficiarios identificados, excepto por el incremento del área de producción que genera un incremento del ingreso.
- **Escenario 1 (Productivo):** Incremento significativo del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin (50% de área cultivada) con la misma distribución de productores según su tamaño; Las prácticas agrícolas no cambian, y por tanto se afecta o reduce la producción de servicios ecosistémicos. En relación al proyecto de riego, este muestra elementos que permiten anticipar un mejoramiento de la productividad agrícola, pero debido a que no se cambió las prácticas, particularmente en el caso de los pequeños agricultores, no se mejoran sus condiciones de vida.
- **Escenario 2 (Productivo y sostenible):** Incremento significativo del área de producción de cacao en la zona del proyecto de riego Dauvin (50% del área cultivada) con la misma distribución de productores según su tamaño; Las prácticas agrícolas cambian, y por tanto se mantienen o incrementa la producción de servicios ecosistémicos. En relación al proyecto de riego, este muestra

elementos que permiten anticipar un mejoramiento de la productividad agrícola, y debido al cambio de las prácticas, también se genera algún impacto sobre las condiciones de vida de los beneficiarios del proyecto, particularmente de los pequeños productores.

Los escenarios propuestos asocian de forma directa las prácticas agrícolas con el mantenimiento o incremento de servicios ecosistémicos en la zona del proyecto Dauvin. Con excepción de los grandes productores, se observa que los pequeños y medianos productores pueden no diferir en sus prácticas agrícolas. No obstante, lo que sí puede diferir es las capacidades de cada tipo de productor para adoptar las mejores prácticas, ya sea por factores como mejor acceso a financiamiento, o factores idiosincráticos (como educación género, etc.) El problema, en el caso de los pequeños productores, es que mientras el no uso de fertilizantes o plaguicidas químicos, debido en parte a la falta de recursos financieros, puede resultar favorable en términos de mejores servicios ecosistémicos, no lo es en términos de productividad y mejoramiento de las condiciones de vida. De ahí la aparición de estos dos elementos aparentemente contradictorios entre los agricultores pequeños y medianos: la idea de un pequeño productor generador de servicios ecosistémicos pero viviendo en pobreza, versus un mediano agricultor ineficiente tanto en términos ambientales como económicos y lo opuesto. En todo caso, resulta bastante esclarecedor para la definición de escenarios la información sobre los tipos de prácticas agrícolas en cacao según el tamaño del productor.

CAPITULO 3: VALORACIÓN DEL IMPACTO DE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS SOBRE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS

El objetivo central de este capítulo es evaluar el impacto de ciertas prácticas agrícolas de producción de cacao sobre dos temas claves: i) la provisión de servicios ecosistémicos en la zona del proyecto de riego Daule-Vinces; y ii) el efecto sobre la productividad y la economía del cultivo. Debido a que la zona de estudio no tiene en la actualidad una producción importante de cacao, el análisis descrito en este capítulo integra además a los cantones Mocache y Palenque (Provincia de Los Ríos), así como áreas de los cantones Vinces y Baba de la misma provincia, que no están en el área de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces, pero que sí poseen importantes zonas de producción de cacao (ver figura 3.1). Los resultados que se obtienen del análisis de esta zona ampliada, son usados luego para interpolar y estimar ciertas variables no determinados para la zona de influencia del proyecto Daule-Vinces, y así entender cuál podría ser la situación en la zona de estudio una vez que se incremente la producción de cacao debido a la disponibilidad del riego. El análisis además usa información generada por la aplicación de una encuesta a productores de cacao en la zona ampliada, y por un trabajo de muestreo biofísico que incluyó muestras de suelos, agua y hojas de plantas de cacao. Los servicios ecosistémicos que se analizan se relacionan con la formación y la degradación de suelos (erosión), la fertilidad del suelo y su capacidad de remoción de contaminantes; la calidad del agua de riego y de la planta de cacao, todos estos servicios en conjunto definiendo la aptitud del ecosistema para la producción de cacao. Estos servicios se miden con variables indicadoras, las mismas que hipotéticamente mejoran o empeoran por la aplicación de ciertas prácticas agrícolas. La tabla 3.1 a continuación muestra la relación entre estos recursos agrícolas (suelo, agua, planta), los servicios ecosistémicos, y las variables indicadoras que permiten medir el nivel de los servicios analizados.

Tabla 3.1. Servicios ecosistémicos analizados e indicadores medidos

Eco-sistema	Servicio Ecosistémico / Aptitud agro-edafo-climática para cultivo de cacao	Función	Indicadores
Suelo	Formación y erosión del suelo	Regulación de flujos de agua y erosión	Capacidad de drenaje
			Pendiente
			Nivel de precipitación
			Textura
			Profundidad
	Fertilidad del suelo	Función química	pH
Salinidad			
Contenido de nutrientes			
Absorción/Remoción contaminantes	Función orgánica	Contenido de Materia Orgánica	
		Dilución contaminantes	Geoacumulación contaminantes (Cd, Pb)
Agua	Calidad del agua	Hidratación de cultivo	Conductividad
			Sólidos totales disueltos
			pH
Hojas	Calidad de planta	Retención contaminantes	Acumulación de contaminantes (Cd, Pb)

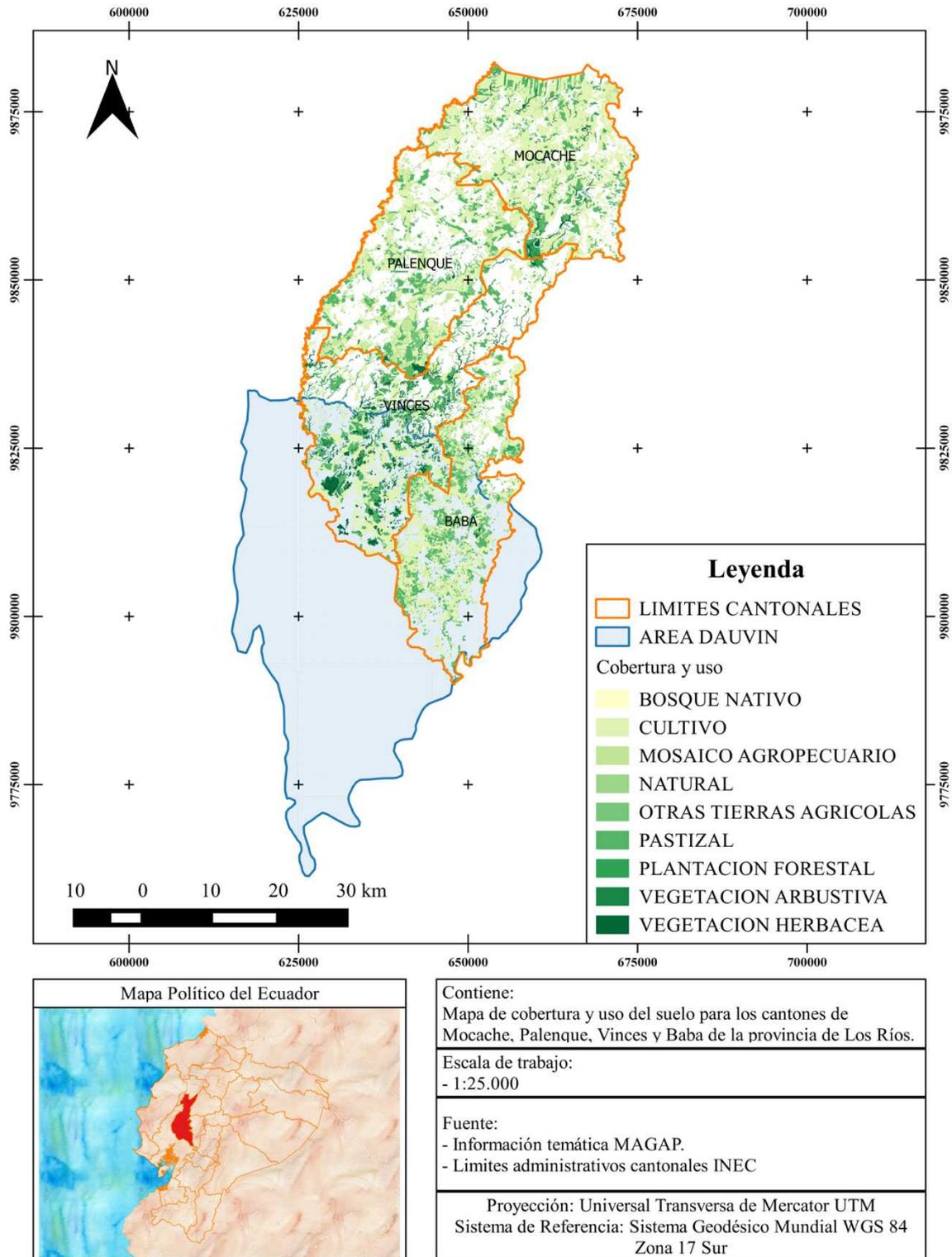


Figura 3.1. Mapa de categorías de cobertura y uso del suelo.

El planteamiento central de este análisis es que la aptitud agro-edafoclimática de la zona de estudio para la producción de cacao (medible por las variables indicadas en la tabla 3.1), puede ser considerado como un servicio ecosistémico. Es decir, las condiciones del ecosistema, en términos de su aptitud para el cultivo de cacao, hacen que sea más o menos favorable el cultivo de este preciado

fruto, lo cual a su vez tiene un impacto sobre la productividad y la economía del cacao. La figura 3.2 a continuación presenta de forma específica la estructura del análisis que se desarrolla en este capítulo. Se excluye en esta figura el desarrollo de los escenarios de valoración, por cuanto esto ya fue desarrollado en el capítulo 2.

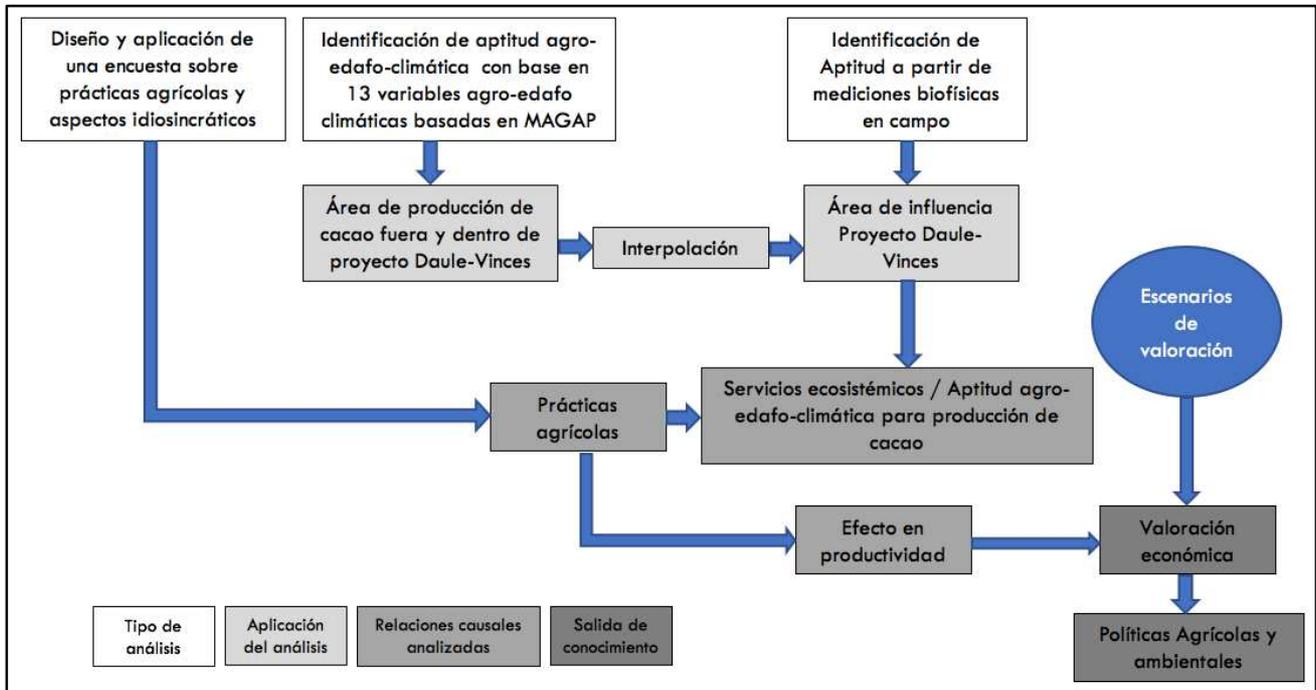


Figura 3.2. Estructura del análisis

Este capítulo tiene varias secciones. En primer lugar, se presenta un análisis de la aptitud agro-edafo-climática de la zona de estudio ampliada para la producción de cacao. Este análisis es necesario pues permite identificar la zona específica del área de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces, que tiene aptitud agrícola para la producción de cacao, descartando del análisis las zonas que no tienen esta aptitud. Considerando que no existe toda la información necesaria para valorar el servicio ecosistémico de aptitud agrícola, en la primera sección se desarrolla un análisis de interpolación geoestadística de datos desde la zona que ya contiene producción de cacao (zona norte), hacia la zona de estudio donde recién comienza a desarrollarse el cultivo de cacao (área de influencia del proyecto Daule-Vinces) tal como se puede observar en la figura 3.1. Con estos resultados, y además considerando los resultados de la encuesta aplicada a productores de cacao, y las mediciones biofísicas en campo realizadas para este estudio de ciertas variables indicadoras de la tabla 3.1, se hace un análisis econométrico que permite ver la relación entre las prácticas agrícolas, el estado de los servicios ecosistémicos, así como el impacto sobre la productividad del cultivo. Al final de este capítulo se muestran varios resultados que pueden servir de insumos para el diseño de políticas agrícolas y

ambientales que ayuden a incrementar el valor de la cadena de producción de cacao sin afectar la provisión el valor de los servicios ecosistémicos.

3.1 Aptitud agro-edafo-climática para la producción de cacao en área de estudio

Esta sección muestra un análisis geoespacial que permite entender las características del área de estudio en términos de su potencial para el cultivo de cacao, el cual a su vez ha sido definido como el servicio ecosistémico que sustentan la producción de este cultivo. El análisis desarrollado usó los programas Qgis (Quantum GIS Development Team, 2012) y ArcGis (ESRI, 2011). La información cartográfica utilizada empleó un Datum horizontal WGS 84 y el sistema de proyección Universal Transversal de Mercator Zona 17 Sur. Los elementos de información cartográfica que se usaron son:

- Límites administrativos cantonales a escala 1:50.000 (INEC, 2012)
- Mapa de cobertura y uso del suelo escala 1:100.000 del 2014 (MAE-MAGAP, 2015)
- Mapa geopedológico escala 1:25.000 (CLIRSEN-MAGAP, 2012).
- Serie históricas de la base de datos WorldClim – Global Climate Data (<http://www.worldclim.org/>) de las variables de temperatura media mensual (°C) y precipitación media mensual del periodo que va del 1950 al 2000, en formato raster con una resolución espacial de 1 km.
- Modelo digital de elevación (MDE) de Aster Gdem (<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>) con una resolución espacial de 30 m.

Para la delimitación de las unidades de producción dentro del área de estudio, se descartó del mapa las categorías de cobertura y uso del suelo que corresponden a las siguientes categorías de uso: áreas urbanas, cuerpos de aguas y zonas de uso antrópico no agrícola. Como resultado, las siguientes categorías si fueron analizadas: bosque nativo, áreas de protección y conservación con un impacto mínimo de la biota existente; y cultivos. Esta última categoría a su vez incluye: cultivos de ciclo corto, cultivos anuales y cultivos perennes, además del mosaico agropecuario que son áreas mixtas de producción agrícola, áreas naturales, otras tierras agrícolas, pastizales, plantaciones forestales, y vegetación arbustiva y herbácea. Adicionalmente, se descartó áreas menores a 0.5 ha y mayores a 150 ha, para garantizar la homogeneidad de la información, dado que se posee solo un valor por unidad de cobertura y uso. Este proceso permitió identificar las unidades involucradas en el proceso de producción y las áreas con potencial para el desarrollo del cultivo de cacao (Figura 3.1).

La caracterización edafo-climática de las unidades de producción identificadas anteriormente se realizó mediante la técnica de superposición de mapas, interceptando las áreas de producción con el

mapa de geopedología (CLIRSEN-MAGAP, 2012), que permitió generar una cartografía a escala 1:25.000 para el área de estudio. A partir de este resultado, se reclasificó las características geopedológicas en función de estudios disponibles para el cultivo de cacao (MAGAP, 2014).

En este estudio se describen los requerimientos agroecológicos para el cultivo de cacao a partir del trabajo publicado por Villavicencio & Vásquez (2008). En total se consideraron 13 variables edáficas agrupadas en tres categorías de acuerdo al siguiente detalle: i) Suelo (pendiente, textura, profundidad, pedregosidad, drenaje, pH, toxicidad, materia orgánica, salinidad y contenido de nutrientes); ii) Clima (temperatura y precipitación); y iii) altitud. Estas 13 variables fueron categorizadas en una escala del 1 al 4, donde 1 es no apto, 2 es aptitud marginal, 3 es aptitud moderada y 4 corresponde a apto para la producción de cacao. En el anexo 4 se encuentra una descripción de las variables indicadas en la tabla 3.2.

Tabla 3.2. Aptitud agrícola en función de los requerimientos agroecológicos para el cultivo de Cacao.

Factor	Variables	Clases de Aptitud Agrícola			
		Optima	Moderada	Marginal	No apta
		4	3	2	1
Suelo	1. Pendiente	0-25%	25 – 50%	50 – 70%	>70%*
	2. Textura	Franco, franco arcilloso Franco limoso	Limoso, franco arcilloso, franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso, franco arenoso, arcillo arenosos, arcillo limoso	Arcilloso, arcilla pesada	Arenoso
	3. Profundidad	Profundo	Moderadamente profundo	Poco profundo	Superficial, muy superficial
	4. Pedregosidad	Sin	Muy pocas	Frecuentes	Abundantes, pedregosas a rocoso
	5. Drenaje	Bueno	Moderado	(-)	Mal drenado, excesivo
	6. pH	Ligeramente ácido, neutro, prácticamente neutro	Medianamente ácido, ácido, ligeramente alcalino	(-)	Muy ácido
	7. Toxicidad	Sin o nula	Ligera	Media	Alta
	8. Materia orgánica	Alta	Media	Baja	Muy baja*
	9. Salinidad	Sin, ligera	Media	Alta*	Muy Alta*
	10. Contenido de Nutrientes	Alta	Mediana	Baja	Muy Baja
Clima y altitud	11. Precipitación (mm)	1200-3000	1000-1200	800-1000	<800, >4000*
	12. Temperatura °C	18-26	16-18	15-16	<15
	13. Altitud m.s.n.m	0 -500	(-)	(-)	>500

Fuente: MAGAP 2014. Adaptado de Villavicencio & Vásquez (2008)

(-) Indica que el atributo morfológico encontrado en campo no corresponde a ninguna de las clases de aptitud evaluadas.

*Indica que en el área de estudio no se encontró los rangos descritos en la Tabla 3.1.

3.1.1 Determinación de variables no disponibles en información secundaria

Debido a que no fue posible encontrar información de todas estas variables para el área de estudio, ciertas variables fueron estimadas. En el caso de la pendiente, por ejemplo, esta se obtuvo a partir

del MDE aplicando correcciones con la herramienta Fill Sink de análisis hidrológico de ArcGis, que permite eliminar depresiones existentes en el archivo raster, permitiendo que el agua fluya en el modelo sin ningún tipo de problema. La preparación del archivo permitió estimar la pendiente en porcentaje con la herramienta “pendiente” de Qgis, estableciendo los rangos requeridos para la producción agrícola (figura 3.3).

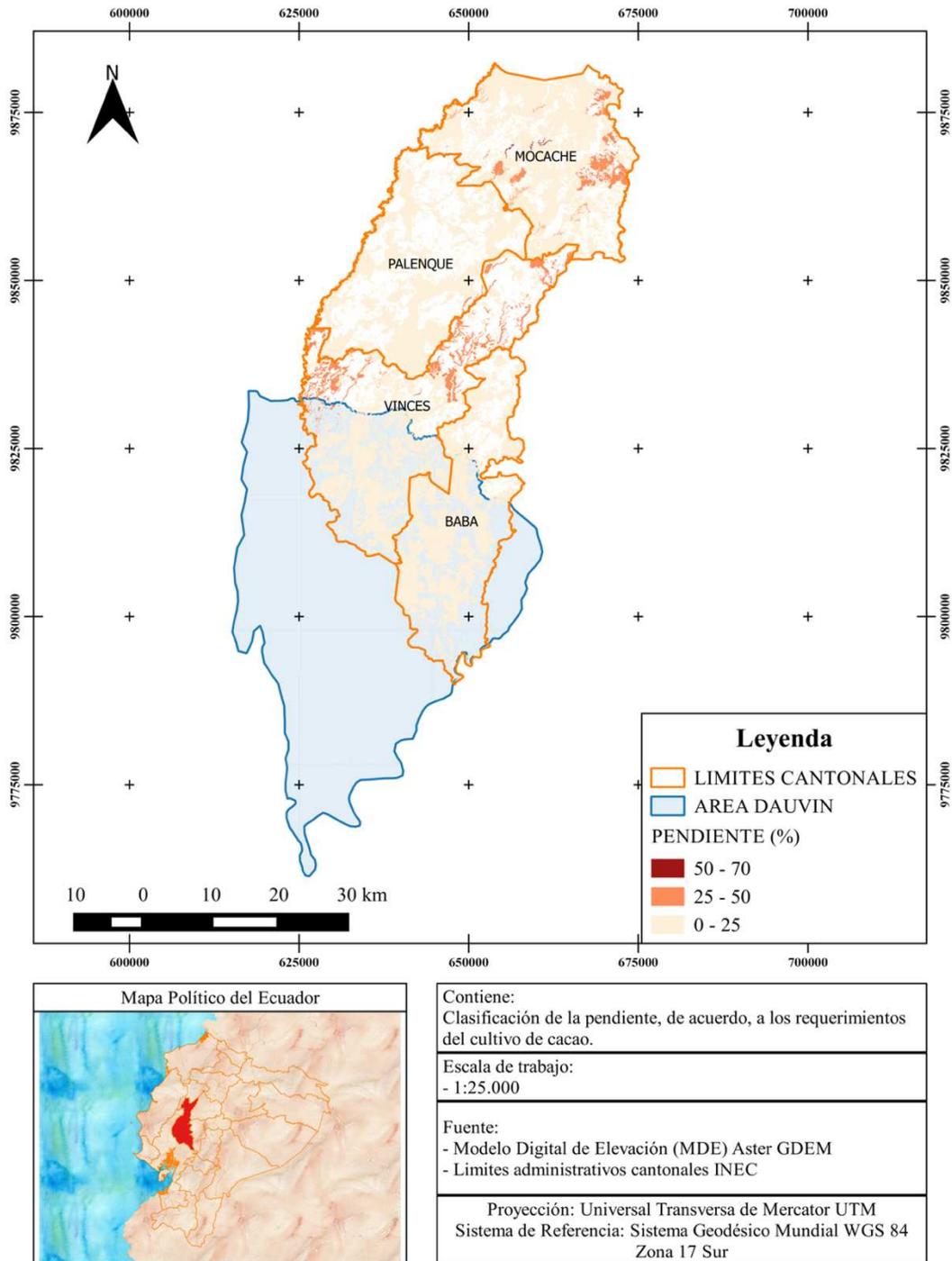


Figura 3.3. Mapa de pendientes de área de estudio.

La altitud fue otro parámetro obtenido a partir del MDE; se obtuvo que el área de estudio se encuentra en un rango de altitud de 0 a 500 m, el cual es óptimo para la producción de cacao. Por otro lado, las variables edáficas (drenaje, profundidad, temperatura, precipitación, textura, pedregosidad, pH, toxicidad, materia orgánica, salinidad y contenido de nutrientes) se clasificaron a partir del mapa geopedológico escala 1:25.000 generado por el MAGAP, de acuerdo a los requerimientos agroecológicos descritos en la Tabla 3.2. A continuación se muestran algunos mapas claves de estas variables.

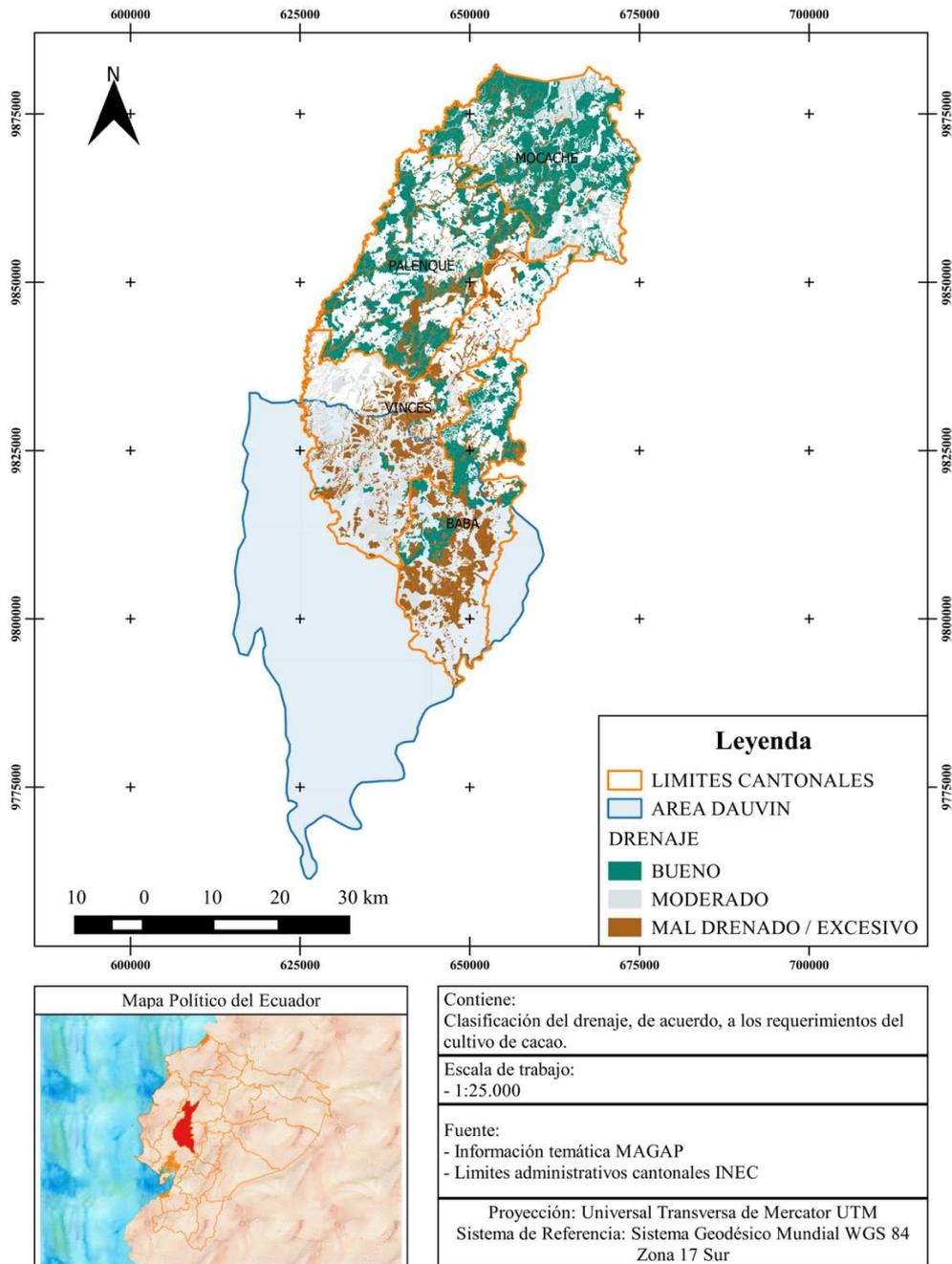


Figura 3.4. Mapa de drenaje del área de estudio.

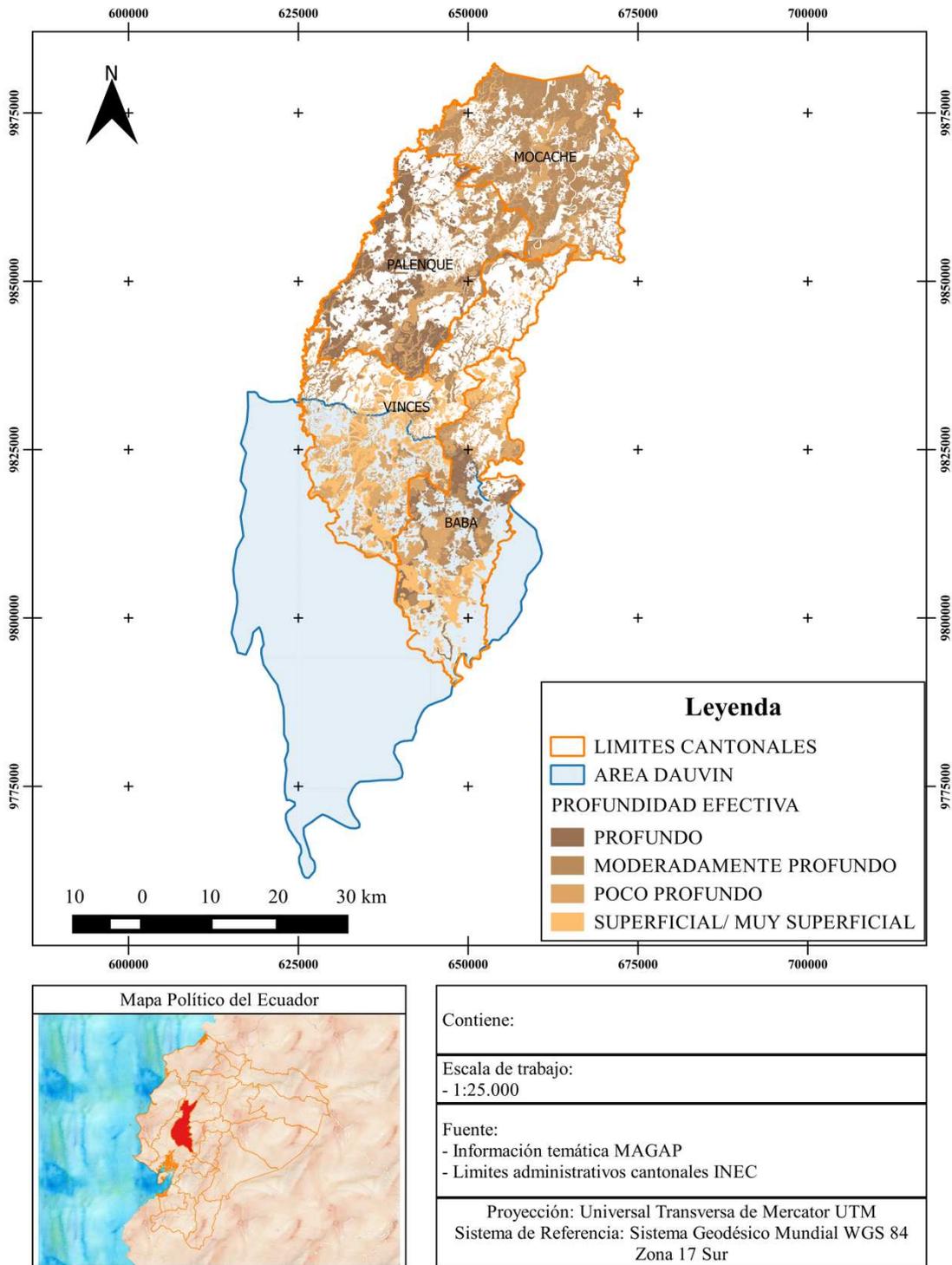


Figura 3.5. Mapa de profundidad efectiva del área de estudio.

Las variables de temperatura y precipitación se determinaron a partir de la serie histórica (1950-2000) de la base de datos WorldClim – Global Climate Data. Al respecto, si bien se posee información actualizada de las variables meteorológicas a nivel nacional, la distribución y densidad no uniforme de las mismas, hizo necesario utilizar bases de datos obtenidas a través de modelos de predicción a

escala global, por lo cual, no se pudo hacer el análisis con la data local existente. Asimismo, es importante indicar que las variables de temperatura y precipitación fueron reclasificadas de acuerdo a los requerimientos establecidos en la Tabla 3.1 en Qgis utilizando una resolución espacial de 30 m. Los resultados de la reclasificación de temperatura indicaron que el área de estudio es homogénea dado que posee un rango de temperaturas entre 18 y 26°C, lo que significa una aptitud idónea para la producción de cacao.

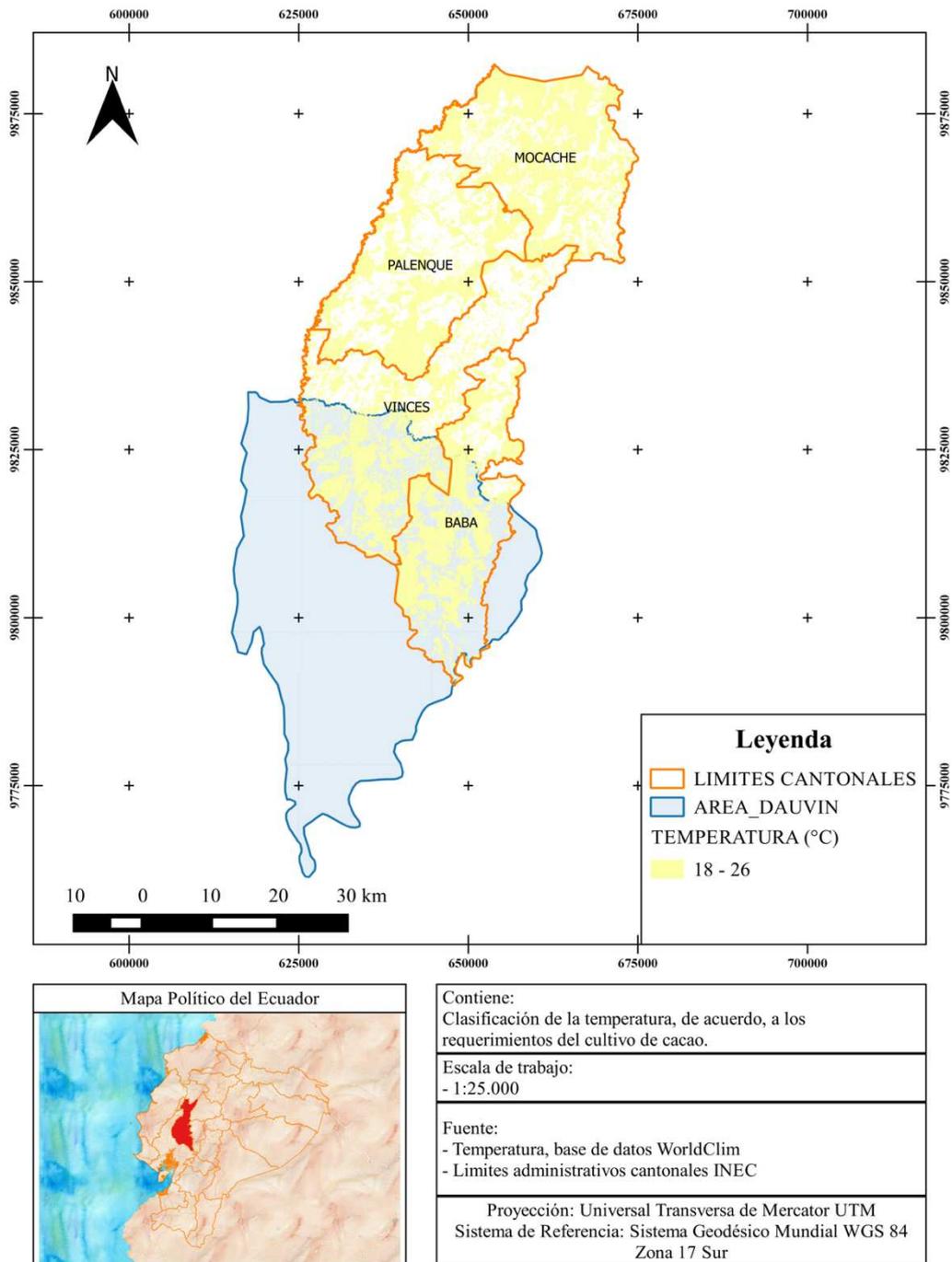


Figura 3.6. Mapa de temperatura del área de estudio.

En cuanto a la precipitación, se obtuvieron tres tipos de aptitud agrícola: óptima (1,200-3,000mm), moderada (1,000-1,200 mm) y marginal (800-1,000 mm).

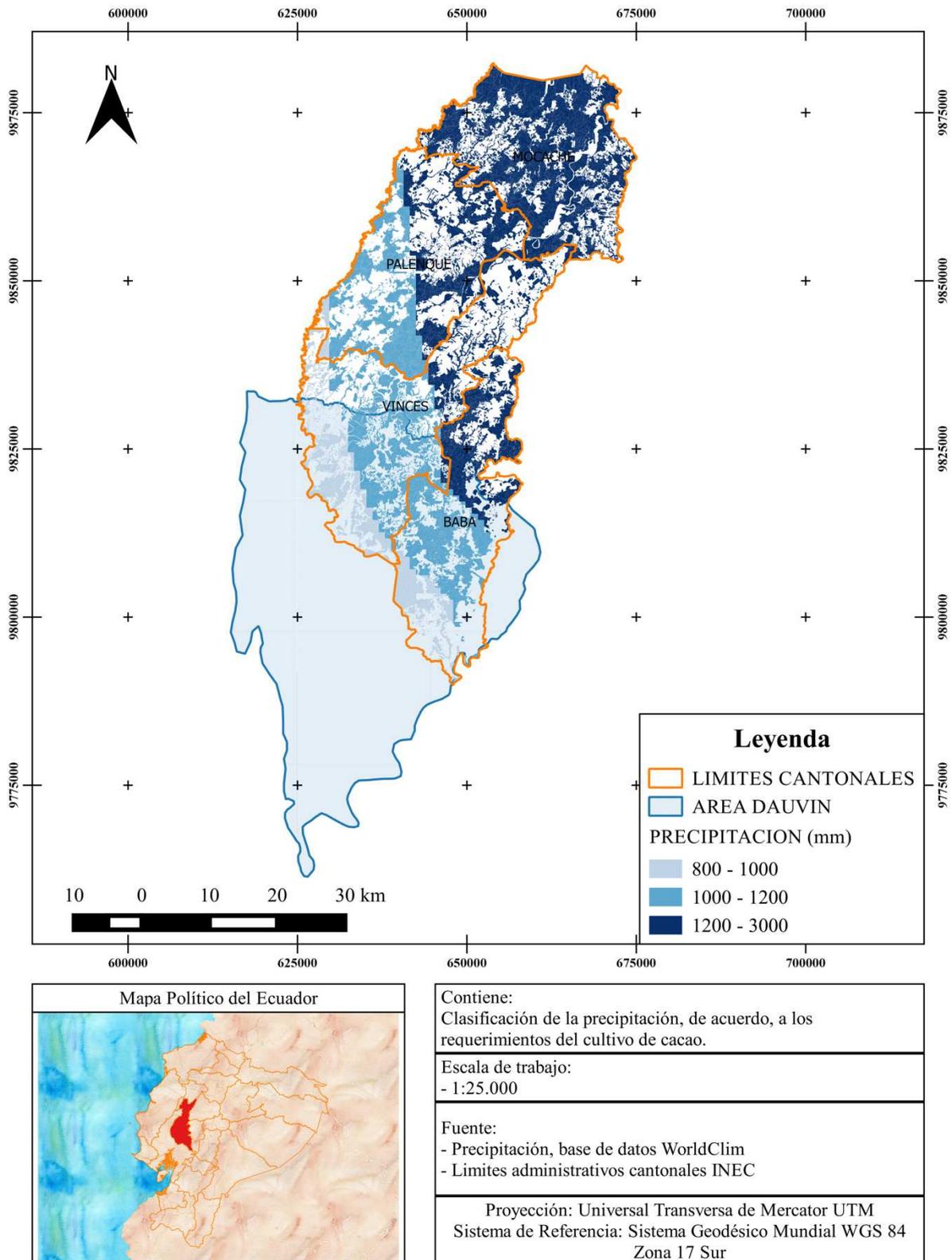


Figura 3.7. Mapa de precipitación del área de estudio.

3.1.2 Identificación de perfiles de aptitud para la producción de cacao a partir de las variables agro-edafoclimáticas

En esta sección se presenta un análisis de clústeres o conglomerados de las variables descritas en la sección anterior, con el objetivo de analizar y entender de forma resumida la aptitud de la zona de estudio para la producción de cacao. Como se indicó anteriormente, el objetivo de este análisis es excluir del análisis las zonas del área de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces que no tienen aptitud para la producción de cacao a partir de los valores indicados en la tabla 3.2. Este análisis se basa en la estructura de la matriz de covarianzas por la métrica de Spearman, la cual es apropiada para estudiar variables con métrica ordinal. Una vez determinada esta matriz, se buscó los componentes principales que la reproduzcan y luego se ejecutó un algoritmo jerárquico de conglomerados sobre estos. El resultado de este conjunto de operaciones son los grupos de polígonos que muestran condiciones suficientemente homogéneas respecto a la valoración de la aptitud agrícola de los parámetros edafoclimáticos analizados.

Dicho método fue aplicado directamente a cada uno de los 13 parámetros edafoclimáticos en más de 13,000 polígonos en el área de estudio. Los resultados muestran que las condiciones generales del suelo en el área de estudio respecto a los parámetros de toxicidad, materia orgánica, pH, pedregosidad y salinidad son óptimos (en promedio) para la producción del cultivo de cacao. Por otro lado, el contenido de nutrientes del suelo en promedio tiene una aptitud moderada para la producción de cacao en los dos conglomerados encontrados (Tabla 3.3).

Tabla 3.3. Formación de clústeres o conglomerados en función de las condiciones biofísicas del área de estudio

Variables edafoclimáticas	Conglomerado 1	Conglomerado 2
Tamaño relativo del conglomerado	37.96%	62.04%
Pendiente	4	4
Textura	2	2
Profundidad efectiva	2*	3
Pedregosidad	4	4
Drenaje	1*	4
pH	4	4
Toxicidad	4	4
Materia orgánica	4	4
Salinidad	4	4
Contenido de nutrientes	3	3
Precipitación	3*	4
Temperatura	4	4

* Variable es diferente entre conglomerados.

Las diferencias entre los clústeres obtenidos se deben principalmente a características de suelo como profundidad y calidad de drenaje y también por los patrones de precipitación anuales. Justamente

son estas dos diferencias las que generaron este resultado con dos conglomerados. El conglomerado 1 presentó condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo de cacao con limitaciones marginales de profundidad efectiva y drenaje, mientras que el conglomerado 2 presentó condiciones aún más óptimas, con una aptitud media baja en cuanto a textura, y media alta en profundidad efectiva y contenido de nutrientes. La figura 3.8 a continuación muestra la aptitud del área de estudio para la producción de cacao para los dos conglomerados encontrados.

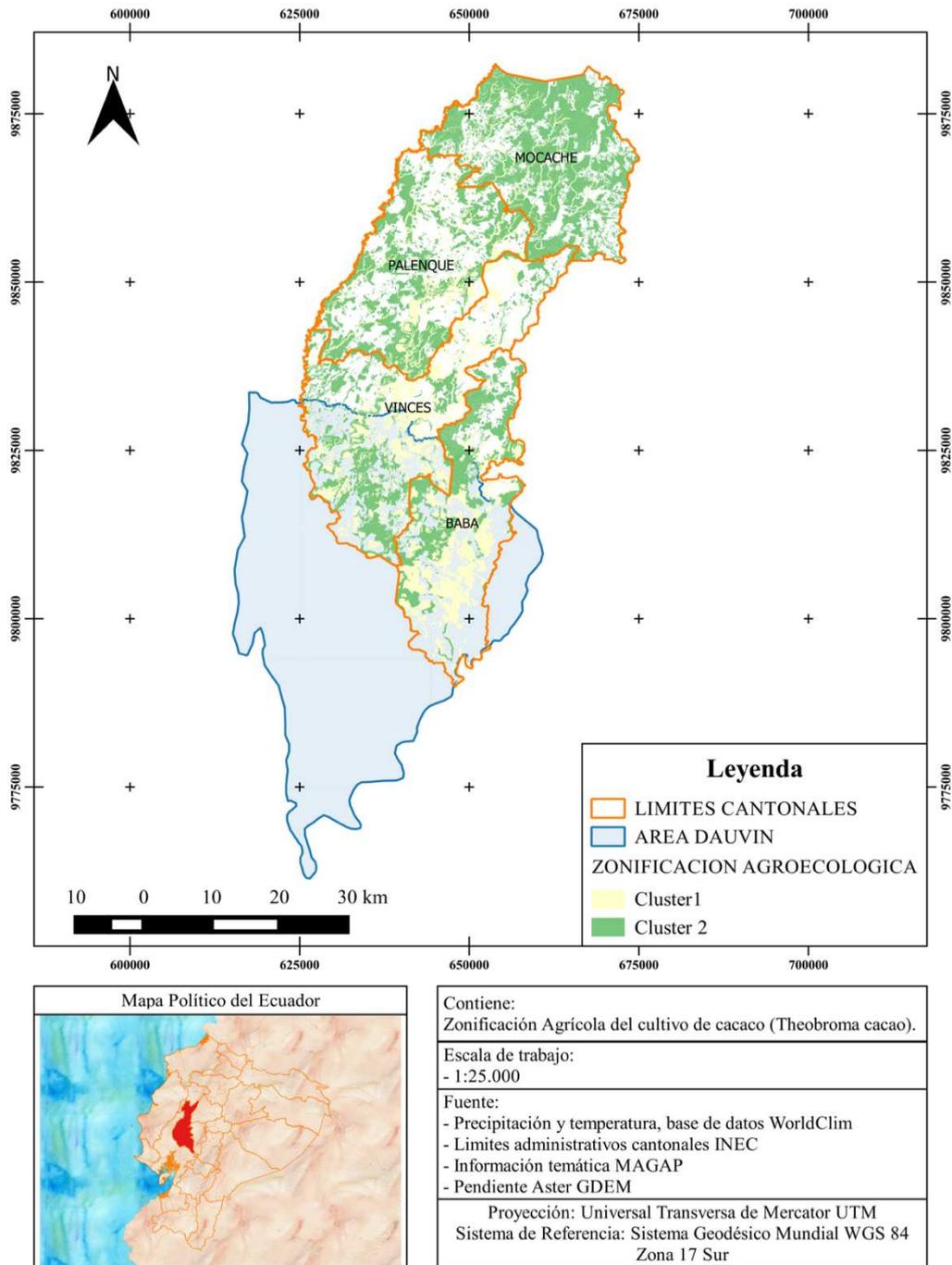


Figura 3.8. Mapa de zonificación agroecológica para el cultivo de cacao en los cantones de Mocache, Palenque, Vinces y Baba de la provincia de Los Ríos.

3.2 Identificación de servicios ecosistémicos en el área de estudio

En relación a los servicios ecosistémicos indicados en la tabla 3.1, cabe resaltar que no todos pueden ser afectados por las prácticas agrícolas. En relación a los suelos, por ejemplo, se plantea la hipótesis que las prácticas agrícolas solo pueden tener efectos directos sobre las funciones química y orgánica en el suelo, es decir afectan el servicio ecosistémico de fertilidad (y por tanto la productividad del cultivo), más no la función de regulación de flujos de agua y erosión de suelos, por cuanto estos se regulan (al menos en el corto y mediano plazo) principalmente por factores naturales no relacionados con las prácticas agrícolas. Aun así, el ecosistema presta el servicio de drenaje y prevención de erosión, lo que permite que la zona estudiada ofrezca la aptitud para el cultivo de cacao, tal como se determinó en la sección previa.

Considerando lo anterior, en el caso del suelo se procederá al análisis del servicio ecosistémico *aptitud agrícola* de ciertos parámetros edafo-climáticos relevantes (pH, contenido de nutrientes y de materia orgánica, geoacumulación de contaminantes), excepto la salinidad en suelos que resultó ser uniforme a través de toda el área de estudio. En el caso de los servicios relacionados con la calidad del agua y con las plantas de cacao, estos se evalúan por medio de las variables indicadas en la tabla 3.1, para lo cual se usa información recopilada durante el proceso de muestreo biofísico del área de estudio. Las siguientes 3 tablas muestran un resumen de los valores promedios, máximos y mínimos encontrados para estas variables indicadoras.

Tabla 3.4. Variables indicadoras de muestreo en suelos para evaluación de servicios ecosistémicos

Suelos	Parámetros									
	pH	% M.O.	% Humedad	% Arcilla	% Limo	% arena	Nitrógeno (mg kg ⁻¹)	Fósforo (mg kg ⁻¹)	Cadmio* (mg kg ⁻¹)	Plomo* (mg kg ⁻¹)
Promedio	6.12	2.17	5.85	48.79	34.88	16.33	18.82	11	0.19	0.92
Máximo	7.56	3.52	13.52	97.88	94.14	69.27	78	35.1	0.76	3.70
Mínimo	5.72	1.35	0.56	0.90	0.17	0.22	1	1	0.01	0.06

* <0 No contaminado; 0-0.1 Contaminación leve; 0.1-3 Contaminación moderada; 3.1-5 contaminación alta; >5 Contaminación extrema

Tabla 3.5. Variables indicadoras de muestreo en agua para evaluación de servicios ecosistémicos

Agua	Conductividad eléctrica	Sólidos totales	pH
Promedio	258.39	62.4	6.64
Máximo	950.55	468	5.71
Mínimo	92.65	11.4	9.17

Tabla 3.6. Variables indicadoras de muestreo en plantas de cacao (hojas) para evaluación de servicios ecosistémicos

Planta/hojas	Cadmio	Plomo
Promedio	0.76	2.19
Máximo	3.01	9.65
Mínimo	0.03	0.1

3.3 Estimación de aptitud para cacao en zona de estudio por medio de interpolación espacial

A partir de los datos muestrales y los datos de los mapas disponibles sobre aptitud agrícola en la zona de estudio para la producción de cacao, a continuación, se presenta los resultados de la aplicación del método de interpolación de Krigging para la aptitud agrícola de todos los parámetros edafo-climáticos relevantes, excepto la salinidad en suelos que, como se vio antes, es uniforme a través de toda el área de estudio. Es importante recalcar que la naturaleza ordinal de los indicadores de aptitud agrícola de los parámetros edafo-climáticos, hace necesario la adopción del supuesto de cardinalidad para esta métrica. La implicación de esto es que el análisis que se desprenda de los mapas interpolados deberá ser necesariamente de naturaleza cualitativa.

El método de Krigging forma parte de los métodos de interpolación. Se basa en estudios geoestadísticos de estimación de puntos, es decir, relaciones estadísticas entre los puntos medidos. Este método tiene la capacidad de producir predicciones y además medir la certeza de éstas. Se lo utiliza en las ciencias del suelo y de la geología, puesto que mide, a partir de la distancia entre los puntos medidos, cómo la correlación espacial explica la variación observada de la superficie para algún parámetro medido de interés. Esta técnica ajusta una función matemática a parámetros biofísicos especificados de puntos o a todos los puntos dentro de un radio específico para establecer el valor de salida para cada sitio. El método Krigging pondera los valores medidos circundantes para calcular una predicción de una ubicación sin mediciones. La fórmula general se forma como una suma ponderada de los datos:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

Donde: $Z(s_i)$ = el valor medido en la ubicación i

λ_i = una ponderación desconocida para el valor medido en la ubicación i

s_0 = la ubicación de la predicción

N = la cantidad de valores medidos

Por lo tanto, en un Krigging ordinario, la ponderación, λ_i , depende de un modelo ajustado a los puntos medidos, la distancia a la ubicación de la predicción y las relaciones espaciales entre los valores medidos alrededor de la ubicación de la predicción. Krigging presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.

Para trabajar con este procedimiento se deben realizar los siguientes procesos: i) Análisis estadístico exploratorio de los datos; ii) Modelación de los variogramas, para la creación de la superficie y la exploración de la superficie de varianza de la predicción; y iii) Ejercicios de validación cruzada para analizar y garantizar la capacidad predictiva de los procedimientos de modelado y predicción de la superficie interpolada de cada parámetro con base en los puntos medidos. A continuación, se resumen los principales resultados de la aplicación del método de Krigging para la aptitud agrícola para cacao en tres parámetros edafo-climáticos seleccionados. Estos son: i) contenido de nutrientes en suelos; ii) contenido de Materia Orgánica (MO) en suelos; y iii) pH en suelos, de acuerdo a lo indicado en la tabla 3.2. En general, los resultados muestran un alto nivel de coherencia con los mapas presentados en la sección anterior, lo cual fue confirmado en cada uno de los casos mediante procedimientos de validación cruzada tal como se describió en los párrafos anteriores. La figura 3.9 muestra el mapa interpolado para la predicción de los niveles de aptitud agrícola de contenido de nutrientes en suelos, así como el mapa de errores estándar de la predicción.

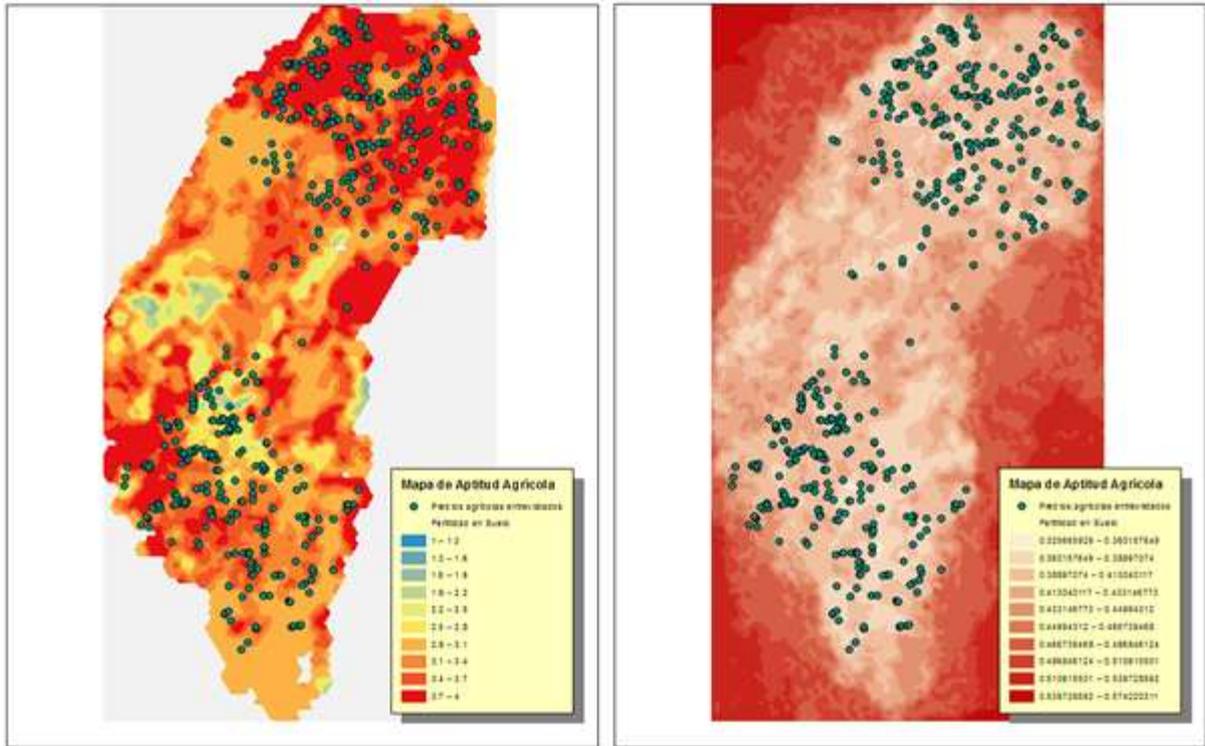


Figura 3.9. Predicción de contenido de nutrientes en suelos (izq.) y su error estándar (der.)

Por otra parte, la figura 3.10 muestra el mapa interpolado para la predicción de los niveles de aptitud agrícola de presencia de materia orgánica en suelos, y el mapa de errores estándar de la predicción. Finalmente, la figura 3.11 muestra el mapa interpolado para la predicción de los niveles de aptitud agrícola de los niveles de pH en suelos, así como el mapa de errores estándar de la predicción.

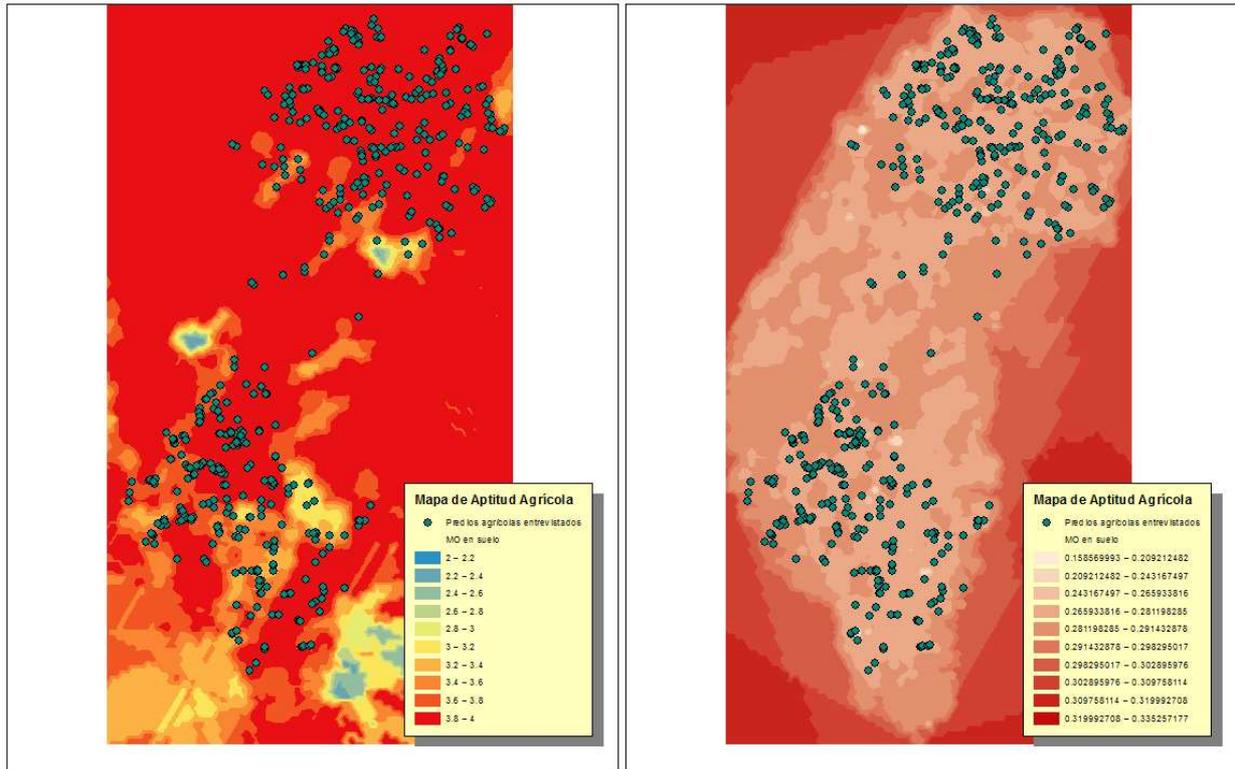


Figura 3.10. Predicción de presencia de MO en suelo (izq.) y su error estándar (der.)

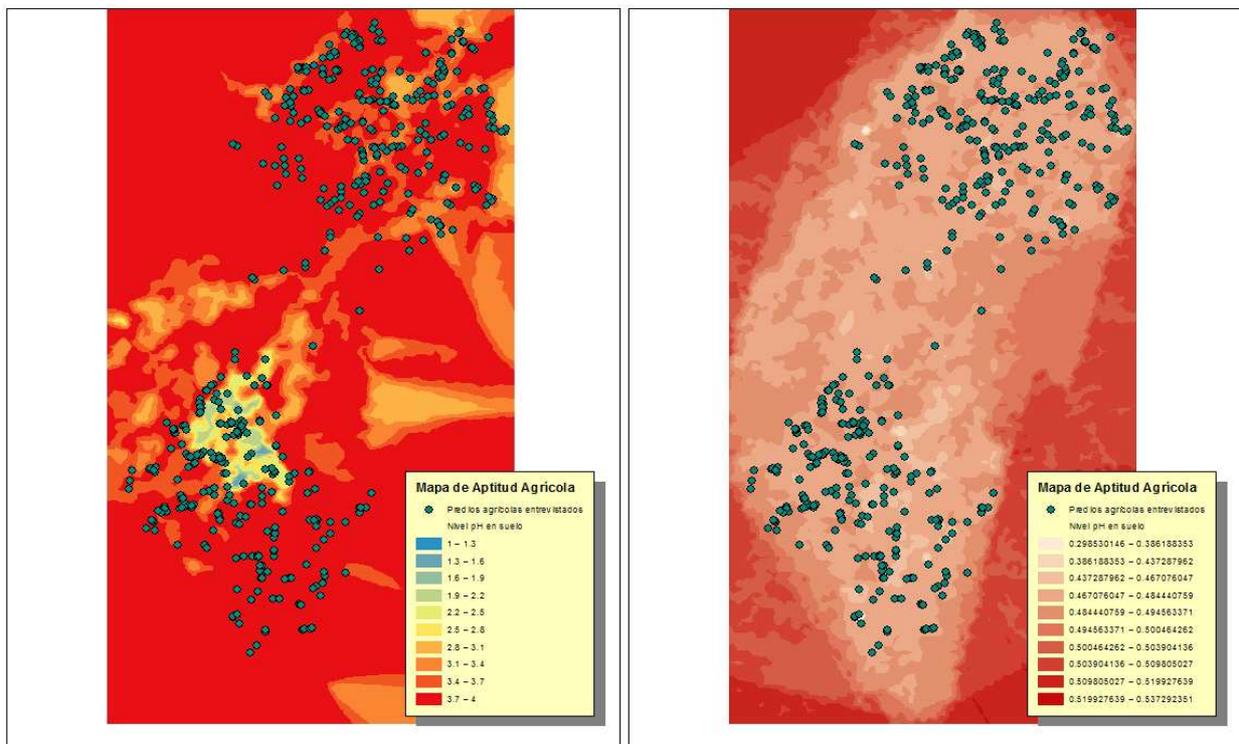


Figura 3.11. Predicción de los niveles de pH en suelo (izq.) y su error estándar (der.)

3.4 Relación entre prácticas agrícolas y aptitud agro-edafoclimática.

Los mapas interpolados presentados en la sección 3.3 para los indicadores cualitativos de aptitud para la siembra de cacao, son el insumo principal para el análisis que sigue a continuación. Este análisis considera el hecho de que dentro del proceso de levantamiento de las encuestas a los productores se utilizó un dispositivo GPS del cual se obtuvo la coordenada del centroide aproximado del predio agrícola del productor. Con esta información, fue posible realizar la intersección espacial del valor interpolado de la aptitud agrícola de cada parámetro edafo-climático con la información levantada por las encuestas para la caracterización de las prácticas agrícolas. Es decir, se logra asociar la aptitud del ecosistema para la producción de cacao, con la información sobre prácticas agrícolas registradas por medio de la encuesta. No obstante, solo algunas prácticas agrícolas mostraron relación estadísticamente significativa con las prácticas agrícolas. La tabla 3.7 a continuación muestra un detalle de las prácticas agrícolas que se consideran en este estudio, mientras la tabla 3.8 muestra si se encontró o no relación estadística entre estas y los valores medidos o estimados de los servicios ecosistémicos. En el análisis posterior solo se incluyen los servicios ecosistémicos que mostraron una relación significativa con las prácticas agrícolas. No se descarta sin embargo que pudiera haber una relación entre las prácticas y los servicios ecosistémicos, que esté requiriendo otro tipo de análisis más específico y detallado a nivel de muestreo en campo y análisis en laboratorio de las muestras.

Tabla 3.7. Prácticas agrícolas evaluadas en el estudio mediante un cuestionario

Práctica Agrícola	Observación
Riego tradicional	Se refiere a riego no tecnificado comúnmente por inundación.
Riego tecnificado	Riego que utiliza algún tipo de tecnología, como, por ejemplo, aspersión o micro goteo.
Siembra variedad nacional	Se refiere a Cacao fino de aroma
Aplic. Fertilizante químico	Nutrición de la planta con productos de origen químico
Aplic. Fertilizante orgánico	Nutrición de la planta con productos de origen natural
Aplic. Plaguicida químico	Control de plagas y enfermedades
Edad del cultivo princip.	Se refiero a la edad del cultivo versus la opción de renovación de plantas.
Asociación de cultivo	Práctica que implica sembrar un cultivo adicional entre las hileras del cacao, aprovechando la sombra.
Podas de rehabilitación	Para mejorar o recuperar la conformación cónica del árbol con una altura menor a 4 metros. Se realiza en cualquier época del año. Tiene una intensidad fuerte.
Podas Fito-sanitaria	Para eliminar todos los frutos y chireles enfermos con síntomas visibles de monilia u otra enfermedad.
Podas de formación	Tiene como finalidad dar a la planta la forma definitiva que va a tener durante su ciclo de vida.
Podas de mantenimiento	Para suprimir ramas secas, enfermas o desgarradas, plantas parasitas y trepadoras, y despunte de ramas laterales cuando se presenta entrecruzamiento con árboles vecinos.

Tabla 3.8. Servicios ecosistémicos y su relación con prácticas

Eco-sistema	Servicio Ecosistémico / Aptitud para cultivo de cacao	Función	Relación con prácticas agrícolas	Indicadores relevantes
Suelo	Formación y erosión del suelo	Regulación de flujos de agua y erosión	No aplica	N.A.
	Fertilidad del suelo	Función química	Significativa	pH, salinidad, contenido de nutrientes.
		Función orgánica	Significativa	Contenido de materia orgánica
	Absorción/Remoción contaminantes	Absorción/Remoción contaminantes	No significativa	N.A.
Agua	Calidad del agua	Hidratación cultivo	No significativa	N.A.
Hojas	Calidad de planta	Absorción/Retención contaminantes	No significativa	N.A.

A manera de ejemplo, la figura 3.12 muestra el resultado de la intersección espacial entre los predios entrevistados y el valor interpolado del indicador cualitativo para la aptitud agrícola del contenido de nutrientes del suelo, tanto de la zona del proyecto Daule-Vinces, como de la zona norte que está fuera de la influencia del área de riego.

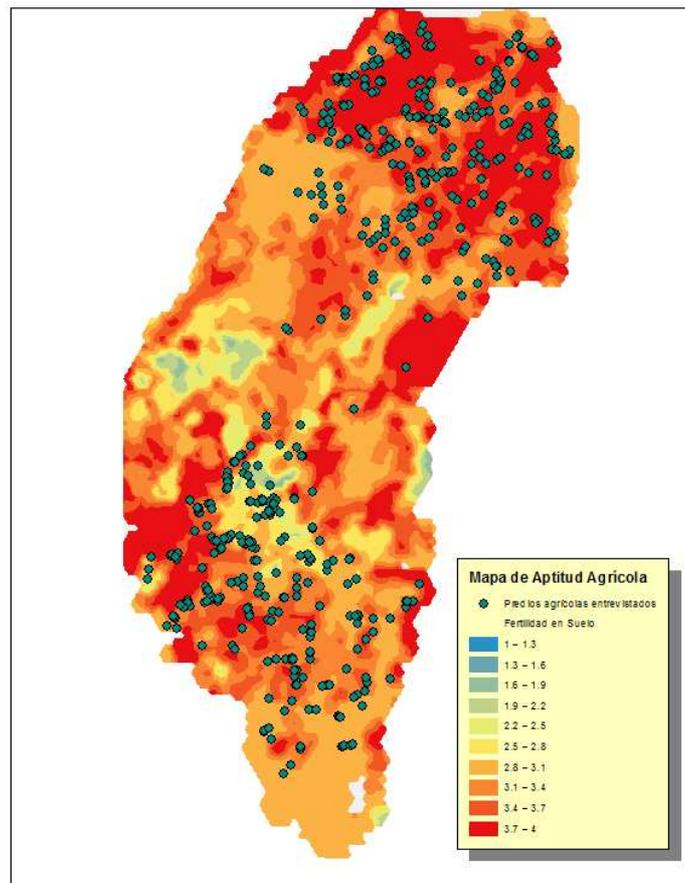


Figura 3.12. Intersección espacial de la aptitud agrícola para Cacao del parámetro Contenido de Nutrientes en el suelo y los predios entrevistados.

El objetivo del análisis presentado en este apartado es aprovechar la auto-correlación espacial presente en los datos espaciales que fueron interpolados, el cual podría (al menos parcialmente) explicar el patrón observado representado por este mapa. Sin embargo, para dimensionar adecuadamente este fenómeno, es necesario definir primero un criterio para modelar plausiblemente la estructura de dependencia espacial que podría explicar dicho patrón. Para cumplir con este objetivo, se presenta una matriz de dependencia espacial estocástica por filas, denominada en lo sucesivo como W . Esta matriz se desarrolló por medio del algoritmo estándar de K -vecinos más cercanos, donde se establece $K = 32$. Es decir, cada celda (i, j) de la matriz W representa la dependencia espacial entre los predios entrevistados i y j . Inicialmente, la celda contendría el valor 1 si el centroide del predio entrevistado j está dentro de los K caminos más cortos (medidos en términos de distancia Euclídea) al centroide del polígono del predio i , o 0 en caso contrario. Una vez que este proceso se completa para todas las filas (row-wise), la matriz se normaliza dividiendo cada elemento por la suma de su correspondiente fila (row-sum). El patrón de matriz resultante se representa en la figura 3.13.

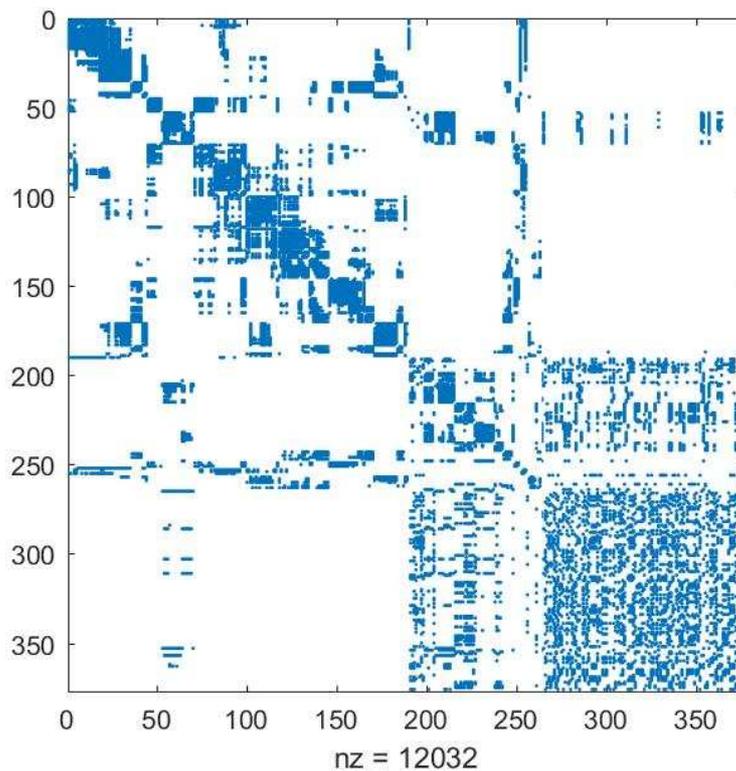


Figura 3.13. Patrón de dependencia espacial entre predios entrevistados de la matriz W .

Con base en este constructo, es posible explicar el comportamiento observado de los datos interpolados para tener una estimación del nivel de correlación espacial en cada uno de los indicadores interpolados para los parámetros edafo-climáticos (denominados en adelante y) mediante el siguiente modelo:

$$\begin{aligned} q &= \rho Wq + \varepsilon \\ q &= y - \bar{y} \quad (1) \\ \varepsilon &\sim N(0, \sigma_\varepsilon^2) \end{aligned}$$

Esto se conoce como un modelo auto-regresivo espacial de primer orden (Anselin, 1988), ya que Wq en este contexto representa el promedio de los vecinos de primer orden por cada observación. Bajo este modelo, si ρ es significativo, entonces parte del comportamiento de y se explicaría por los niveles de aptitud agrícola de sus vecinos inmediatos. Además, derivando el Proceso de Generación de Datos (DGP por sus siglas en inglés) implícito en (1), se obtiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} q &= (I - \rho W)^{-1} \varepsilon \\ &= \varepsilon + \rho W\varepsilon + \rho^2 W^2\varepsilon + \rho^3 W^3\varepsilon + \dots \end{aligned}$$

Lo que a su vez implica que y presenta una descomposición geométrica en la influencia de variaciones aleatorias en y de sus vecinos más distantes o indirectos (siempre que $|\rho| < 1$). Esto resulta directamente de la especificación de W , ya que las potencias de esta matriz representan relaciones vecinas indirectas (vecinos de vecinos y así sucesivamente). En resumen, esto indicaría que existe un comportamiento de dependencia espacial que decae con la distancia. Los resultados de la tabla 3.9 muestran la estimación del modelo para los 3 parámetros interpolados. La tabla muestra evidencia para apoyar esta afirmación en todos los casos, ya que los valores ρ estimados son significativos a cualquier nivel de significancia estándar.

Tabla 3.9. Estimación de las correlaciones espaciales en la aptitud agrícola de los parámetros edafo-climáticos interpolados.

Parámetro edafo-climático	Valor ρ	Estad. T
Fertilidad en suelo	0.783	8.055
Presencia de MO en suelo	0.744	6.744
Nivel de pH en suelo	0.868	13.254

A la luz de esta evidencia, la propuesta para modelar la relación entre estos parámetros y las prácticas agrícolas en la producción de cacao es la siguiente:

$$y = \rho W y + \alpha i_n + \beta X + \delta W X + \varepsilon \quad (2)$$

$$\varepsilon \sim N(0, \sigma_\varepsilon^2)$$

Donde X es una matriz que contiene todas las variables que recogen las prácticas agrícolas de interés, así como los restantes parámetros edafo-climáticos, en caso de que estos ayuden a la predicción del comportamiento espacial de Y^2 .

Este modelo es conocido en la literatura como el Modelo de Durbin Espacial (SDM por su acrónimo en inglés), y es una especificación general para acomodar varios efectos espaciales simultáneamente en una estructura de modelo único, no sólo a través de la dependencia espacial directa en Wy , sino también a través de la interacción WX . Entre estos efectos, puede haber espacio para spillovers espaciales, externalidades y posibles errores de especificación (variables omitidas) que se pueden acomodar a través de la dependencia espacial en y que no se explica por X . Como se muestra en LeSage & Pace (2009), al inspeccionar el DGP implícito por (2), se obtiene lo siguiente:

$$y = (I - \rho W)^{-1} \alpha i_n + \underbrace{(I - \rho W)^{-1} (\beta I + \delta W)}_{S(W)} X + (I - \rho W)^{-1} \varepsilon$$

$$y = (I - \rho W)^{-1} \alpha i_n + \sum_{r=1}^k S_r(W) D_r + \sum_{l=1}^v S_l(W) x_l + (I - \rho W)^{-1} \varepsilon$$

Donde la matriz $\sum_{r=1}^k S_r(W)$ abarca una cadena compleja de interacciones espaciales que dependen de los valores estimados para los parámetros ρ , β y δ . En general, el efecto total de las prácticas discretas i (presencia/ausencia de la práctica) sobre la variable y_j del predio j puede obtenerse de la siguiente manera (representado por un cambio discreto en D_r desde 0 a 1):

$$\Delta y_j^r = S_r(W)_{i,j}$$

Para el resto de las covariables observadas, es la matriz $\sum_{l=1}^v S_l(W)$ que recoge los efectos correspondientes. Para las covariables continuas (edad del cultivo principal, etc.) el efecto es capturado por la derivada parcial:

$$\frac{d y_j^l}{d x_j^l} = S_l(W)_{i,j}$$

A los propósitos de este trabajo, estas cantidades son el foco principal en el modelo SDM, ya que permite evaluar posibles efectos indirectos o externalidades que podrían estar presentes en el proceso. Además, dado que es posible separar esta cantidad como efectos directos e indirectos, es posible recoger los efectos totales de la retroalimentación que podría implicar la estructura de auto-correlación espacial modelada.

Es importante también destacar que la naturaleza cualitativa de este análisis limita las interpretaciones de los efectos estimados. La misma debe restringirse únicamente al signo del efecto total que se encuentre en cada caso. En otras palabras, este efecto no es relevante en términos cuantitativos debido a los supuestos necesarios para el análisis. No obstante, es útil para determinar si la presencia/ausencia

de cierta práctica o la intensidad con la que esta se aplique tiene relaciones positivas o negativas sobre el parámetro edafo-climático bajo análisis.

Respecto a la estimación de los parámetros en (2), se van a aplicar métodos de estimación Bayesianos, mediante los cuales es posible obtener la distribución posterior de los efectos totales de interés, el parámetro de auto-correlación espacial y el ajuste global del modelo a cada parámetro interpolado. Además, este enfoque permite ser más flexible que la especificación (2) y evaluar si la consideración de los residuos del modelo como Heteroscedásticos permiten mejorar el ajuste global del modelo SDM en cada caso.

Una consecuencia importante de la metodología adoptada es que cada modelo estimado aportará con una distribución del efecto total de cada práctica respecto al parámetro edafo-climático de interés. Esto, sumado a que el interés radica únicamente en el signo de estos efectos, lo que interesa evaluar es el grado de certeza con el que se puede sostener esta afirmación a partir de la distribución resultante del análisis. La tabla 3.10 muestra el estándar adoptado para la interpretación sistemática de los efectos que se obtengan, el cual se obtuvo a partir del criterio de especialistas expertos en temas agronómicos y de suelos.

Tabla 3.10. Estándar para la interpretación de los efectos totales de las prácticas agrícolas para los parámetros edafo-climáticos.

% de realizaciones ">0"	Interpretación
< 10	Alta confiabilidad - Efecto negativo
Entre 10 y 30	Leve tendencia hacia un efecto negativo
Entre 31 y 69	No se puede discernir claramente un efecto
Entre 70 y 90	Leve tendencia hacia un efecto positivo
> 90	Alta confiabilidad - Efecto positivo

Las siguientes sub-secciones se ocuparán de los detalles de la estimación, los resultados y la discusión del modelo presentado.

3.4.1 Prácticas Agrícolas y contenido de nutrientes en suelos

En la figura 3.14 se muestran los resultados del ajuste de ambos modelos propuestos para la aptitud agrícola del parámetro del contenido de nutrientes en el suelo. Se puede apreciar que el ajuste global de ambos modelos es bastante bueno, alcanzando un R^2 de 0.62 en el caso de la especificación Heteroscedástica y 0.71 para el caso Homoscedástico. Es claro entonces que la mejor especificación en este caso es la Homoscedástica ya que tiene un mejor ajuste.

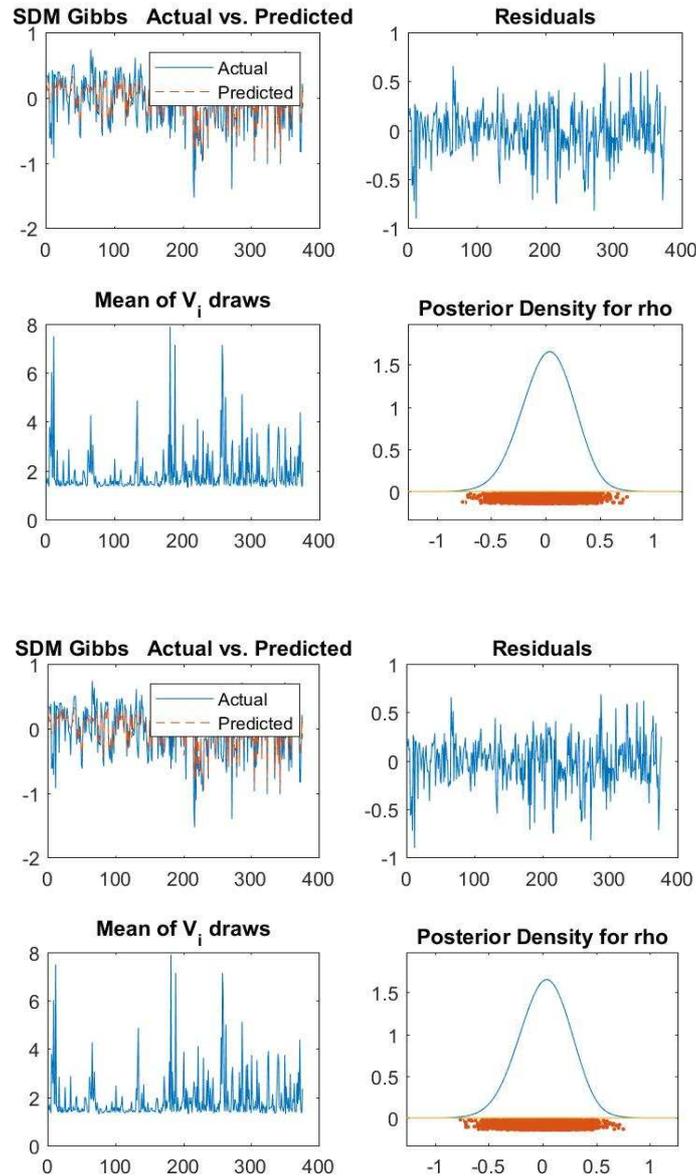


Figura 3.14. Ajuste del SDM Bayesiano Heteroscedástico (arriba) y Homoscedástico (abajo) para la predicción de contenido de nutrientes en suelos.

Los siguientes análisis muestran los efectos cualitativos totales resultantes de las prácticas agrícolas estudiadas, sobre la aptitud agrícola del contenido de nutrientes en suelos para ambas especificaciones. La distribución resultante de la distribución Homoscedástica se muestra en color verde mientras que la Heteroscedástica se muestra en color rojo. En la figura 3.15 se observa el efecto total que ejerció la práctica de “asociación del cultivo” sobre la aptitud agrícola para cacao relacionada con el parámetro del contenido de nutrientes en el suelo. Se puede apreciar que el efecto es predominantemente negativo en la mayor parte de las simulaciones efectuadas (95.77% aprox. del total de casos). Por tanto, existe un nivel confiabilidad alto de que este efecto sea negativo. En términos agronómicos, se interpreta que con la asociación de cultivos existe una competencia por nutrientes

disponibles entre cacao y el (los) cultivo(s) asociado(s); esto ocasionaría una disminución del contenido de nutrientes en los suelos, particularmente si los agricultores no reponen los nutrientes mediante fertilización (practica poco común en agricultores de cacao).

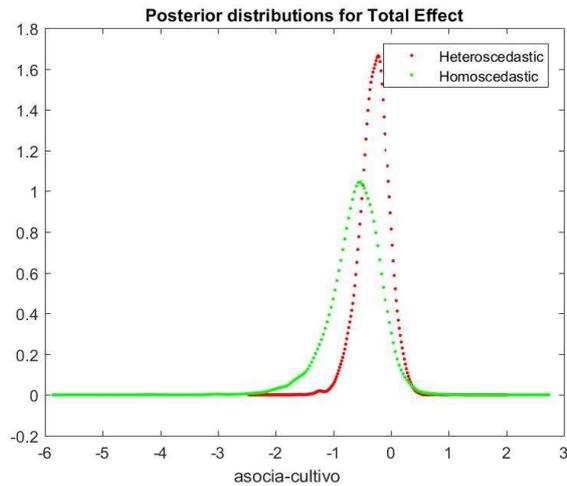


Figura 3.15. Distribución del efecto total de la práctica “Asociación de cultivo” sobre el indicador cualitativo de contenido de nutrientes en suelos.

Por otra parte, en la figura 3.16 se observa el efecto total que mostró la práctica de “edad del cultivo principal” sobre la aptitud agrícola para cacao relacionada con el parámetro del contenido de nutrientes en el suelo. Se puede apreciar que el efecto es negativo en la mayor parte de las simulaciones efectuadas (69.25% aprox. del total de casos). Sin embargo, no existió evidencia del efecto entre ambas variables.

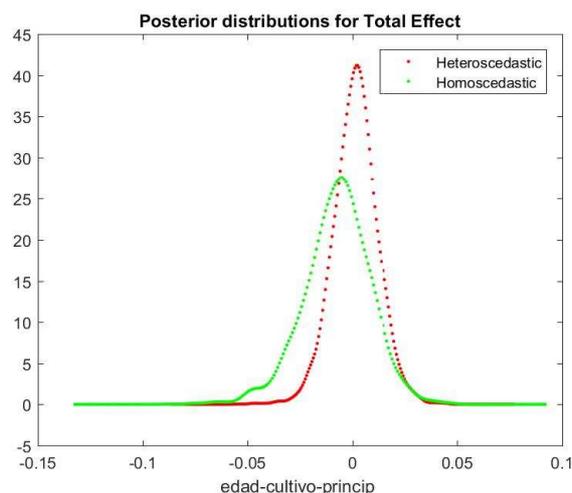


Figura 3.16. Distribución del efecto total de la práctica “Edad del cultivo principal” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

En cuanto a la práctica de "fertilizante orgánico" sobre la aptitud agrícola para el cultivo de cacao relacionada con el parámetro de contenido de nutrientes en el suelo (Figura 3.17), se observa que el efecto total fue predominantemente positivo; el 67.2% de las simulaciones efectuadas mostraron esta tendencia, por lo que podemos inferir que no existe evidencia de efecto entre las variables descritas

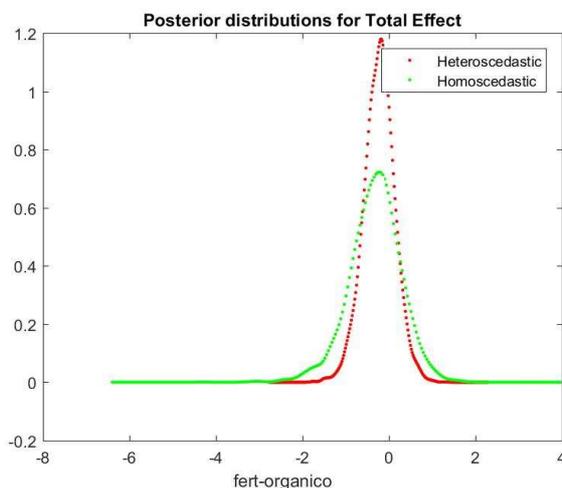


Figura 3.17. Distribución del efecto total de la práctica "Aplicación de fertilizante orgánico" sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La aplicación del fertilizante químico como mejorador del contenido de nutrientes en el suelo (Figura 3.18) indica que el efecto total es predominantemente negativo (92.35 %), es decir, presenta una alta confiabilidad entre las variables. En términos agronómicos, se infiere que, una aplicación inadecuada de fertilizantes minerales al suelo puede causar efectos nocivos, como la disminución de pH, consecuentemente reduciendo la disponibilidad de nutrientes.

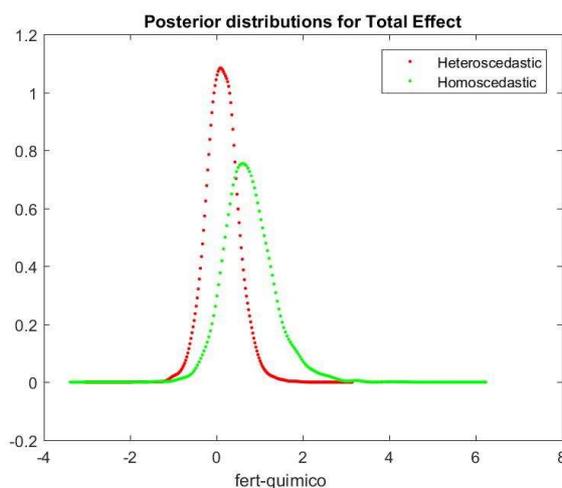


Figura 3.18 Distribución del efecto total de la práctica "Aplicación de fertilizante químico" sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de “aplicación de plaguicidas químicos” sobre la aptitud agrícola para cacao en términos del contenido de nutrientes (Figura 3.19), se observa una confiabilidad alta negativa (98.77 %). Por lo tanto, se evidencia que la aplicación de plaguicidas afecta a la función de los suelos para proveer nutrientes, también podría afectar la actividad microbiológica reduciendo la descomposición de los residuos orgánicos.

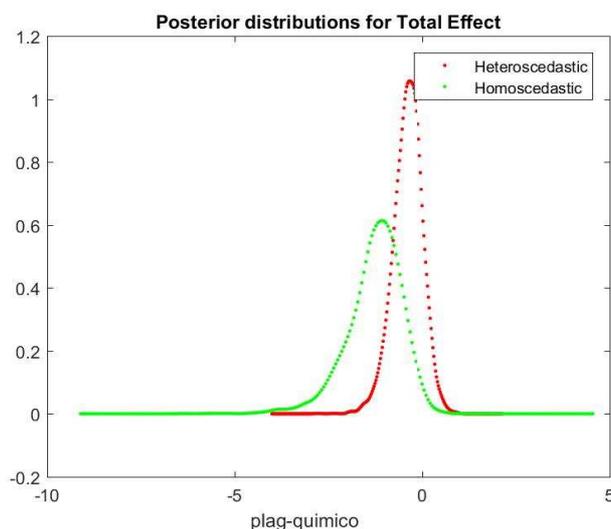


Figura 3.19: Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de plaguicida químico” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de la aplicación de podas fitosanitarias en la aptitud del contenido de nutrientes (Figura 3.20) en el suelo indica que no existe evidencia de efecto entre las variables dado por el 63.58 % de las simulaciones.

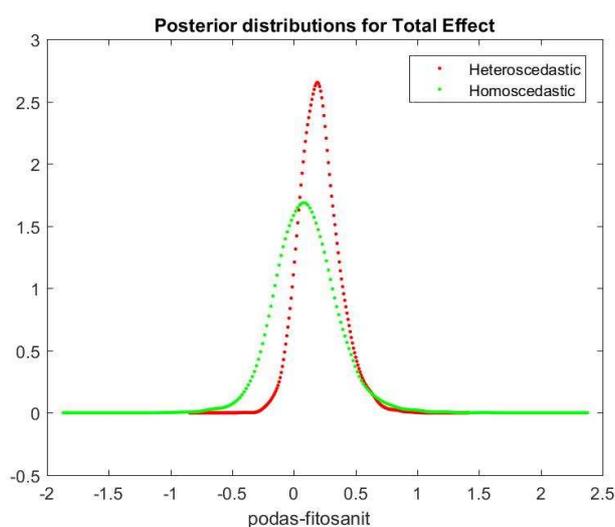


Figura 3.20. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas fito-sanitarias” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de aplicación de podas de formación sobre la aptitud del contenido de nutrientes en el suelo (Figura 3.21) no evidencia una confiabilidad alta positiva dado por el 92.75% de las simulaciones. En términos agronómicos, este resultado se puede interpretar que el residuo de podas dejado en el suelo aumenta la materia orgánica, consecuentemente incrementa la concentración de macro y micronutrientes.

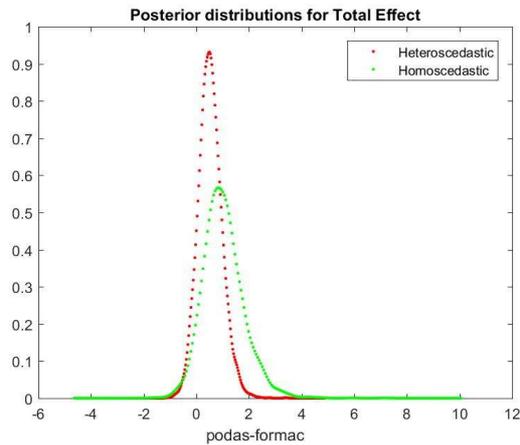


Figura 3.21. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas de formación” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La Figura 3.22 muestra que el efecto total de la práctica de "aplicación de podas de mantenimiento" sobre la aptitud agrícola del contenido de nutrientes en el suelo presenta una alta confiabilidad positiva dado por el 95.9 % de las simulaciones realizadas. Es decir, que mientras más podas de mantenimiento realiza el agricultor, mayor es el contenido de nutrientes, las podas de mantenimiento, formación y fitosanitarias incrementarían los residuos orgánicos, los cuales, al descomponerse, aumentan la disponibilidad de nutrientes para la planta.

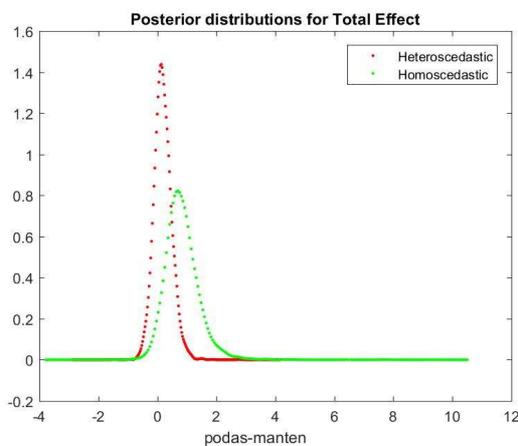


Figura 3.22: Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas de mantenimiento” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

En la Figura 3.23 se observa que la distribución del efecto total de la práctica de la aplicación de podas de rehabilitación sobre el contenido de nutrientes del suelo se muestra altamente negativa en el 98.07% de las simulaciones. Esto se debe a que las podas de rehabilitación son prácticas agresivas que se realizan con el objetivo de renovar la plantación, esto ocasionaría una mayor demanda de nutrientes para las plantas lo que a su vez afectaría el contenido de nutrientes de los suelos.

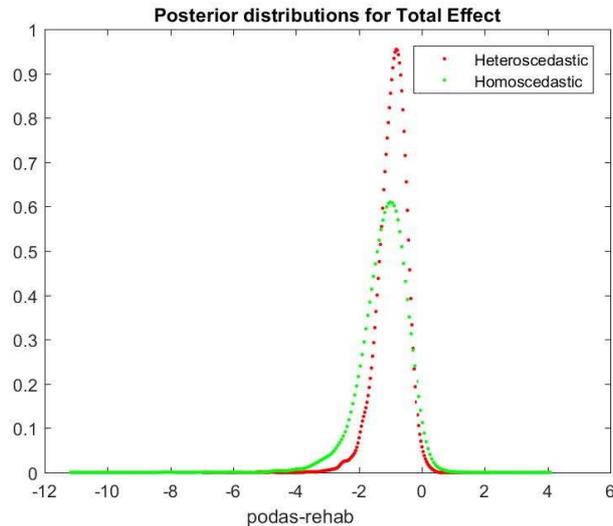


Figura 3.23. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas de rehabilitación” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de la siembra de la variedad nacional sobre el contenido de nutrientes del suelo no evidencia efectos entre las variables (65.2%). Ver figura 3.24.

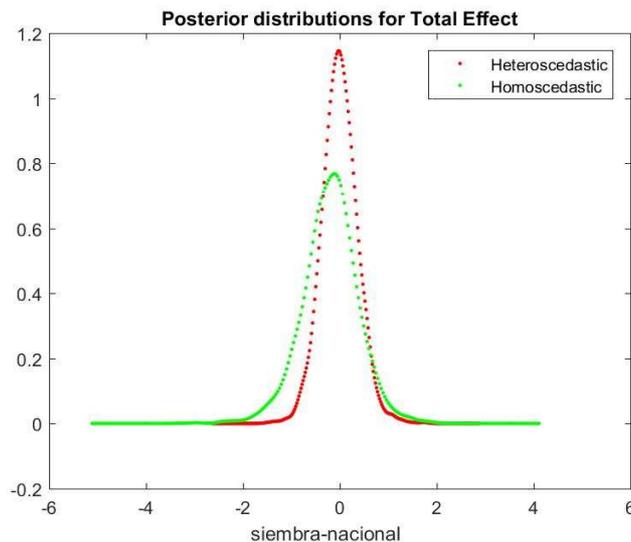


Figura 3.24. Distribución del efecto total de la práctica “Siembra de la variedad nacional” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

En la Figura 3.25 se observa la distribución del efecto total de la práctica del uso de técnicas de riego tecnificado sobre la aptitud agrícola del contenido de nutrientes, donde las simulaciones realizadas no presentan evidencia de impacto entre las variables dado por el 50.47%

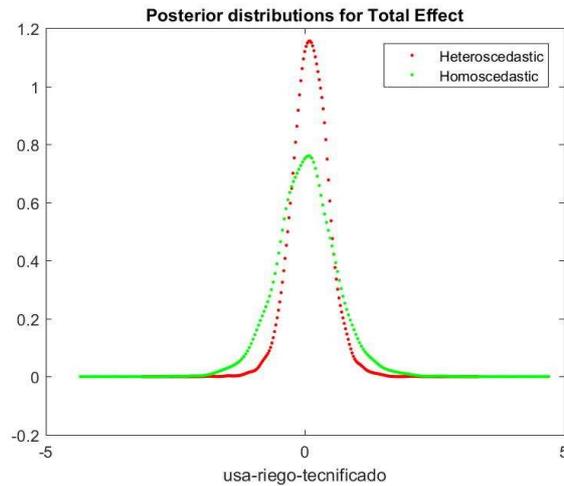


Figura 3.25. Distribución del efecto total de la práctica “Uso de técnicas de riego tecnificado” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en los suelos.

En la Figura 3.26 se observa que la práctica “riego tradicional” ejerció un efecto positivo sobre el contenido de nutrientes de los suelos. El 88.15 % de las simulaciones evidenciaron un efecto positivo sobre la aptitud agrícola para el contenido de nutrientes en los suelos. El riego tradicional implica inundación, donde el agricultor permite el acceso de agua más sedimento al terreno. Es común que este sedimento (usualmente limo) aumente el contenido de nutrientes de los suelos debido a las altas concentraciones de nutrientes contenidas en los sedimentos.

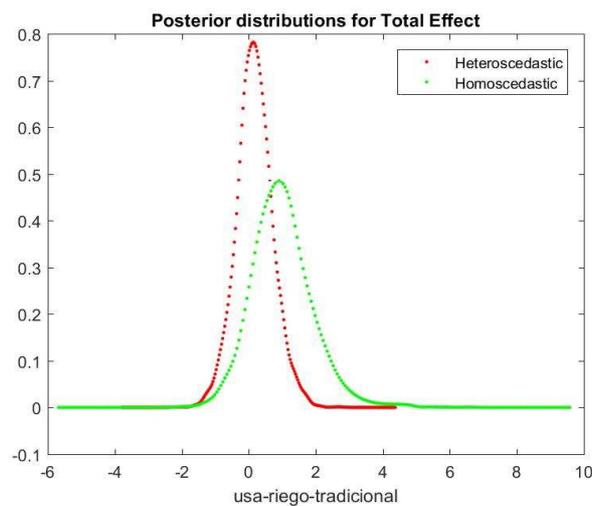


Figura 3.26. Distribución del efecto total de la práctica “Uso de técnicas de riego tradicional” sobre el indicador cualitativo contenido de nutrientes en suelos.

3.4.2 Porcentaje de Materia Orgánica (MO) en suelos vs. prácticas agrícolas.

En la figura 3.27 se muestran los resultados del ajuste de ambos modelos propuestos para la aptitud agrícola del parámetro del porcentaje de MO en suelo. Se puede apreciar que el ajuste global de ambos modelos fue mucho menor que los obtenidos en el anterior modelo con un R^2 de 0.18 en el caso de la especificación Heteroscedástica y 0.46 para el caso Homoscedástico. Es claro entonces que la mejor especificación es la Homoscedástica ya que tiene un mejor ajuste.

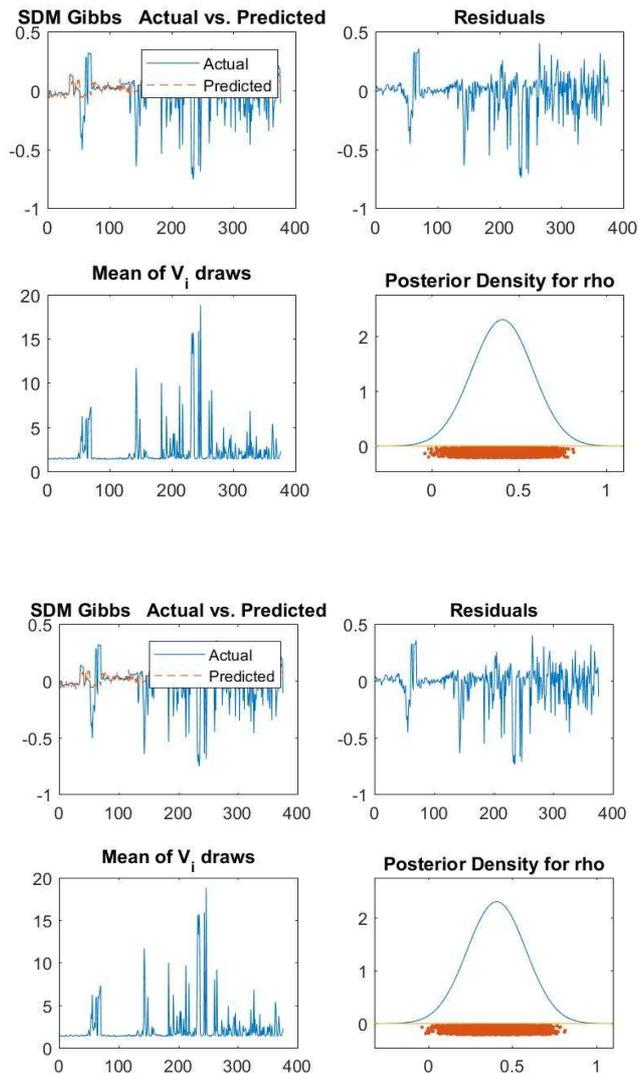


Figura 3.27. Ajuste del SDM Bayesiano Heteroscedástico (Arriba) y Homoscedástico (Abajo) para la predicción del indicador presencia de MO en suelos.

Sin embargo, dado que en general el ajuste del modelo en su versión actual es relativamente bajo, no se procedió al análisis de los efectos de las prácticas agrícolas sobre la materia orgánica. En un futuro,

se buscará incorporar en el análisis biofísico variables explicativas adicionales que permitan correlacionar con mayor confiabilidad las prácticas agronómicas con la materia orgánica de suelo.

3.4.3 Niveles de pH en suelos vs. prácticas agrícolas.

En la figura 3.28 se muestran los resultados del ajuste de ambos modelos propuestos para la aptitud agrícola del parámetro niveles de pH en el suelo. Se puede apreciar que el ajuste general de ambos modelos es bastante bueno, alcanzando un R^2 de 0.61 en el caso de la especificación Heteroscedástica y 0.76 para el caso Homoscedástico. Es claro entonces que la mejor especificación en este caso es la Homoscedástica ya que tiene un mejor ajuste.

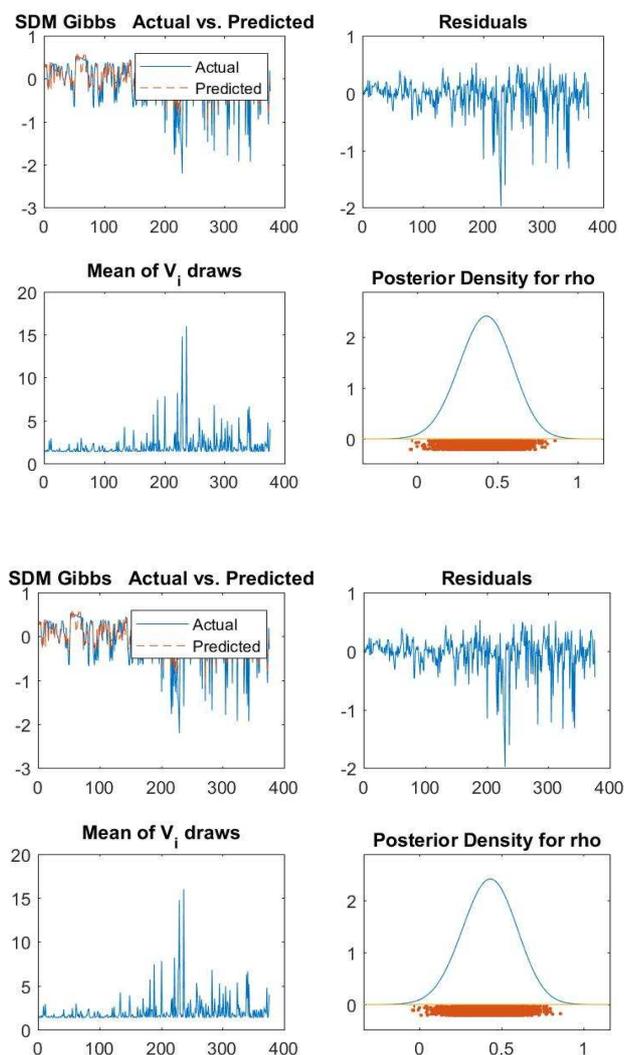


Figura 3.28. Ajuste del SDM Bayesiano Heteroscedástica (arriba) y Homoscedástico (abajo) para la predicción del indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

En los análisis a continuación se muestran los efectos cualitativos totales resultantes de las prácticas agrícolas consideradas sobre la aptitud agrícola de fertilidad en suelos para ambas especificaciones. La distribución resultante de la distribución Homoscedástica se muestra en color verde mientras que la Heteroscedástica se muestra en color rojo. En la figura 3.29 se observa la distribución del efecto total de la práctica asociación del cultivo sobre el pH en los suelos, en el cual no se evidencia efecto alguno dado por el 53.3% de simulaciones entre las variables.

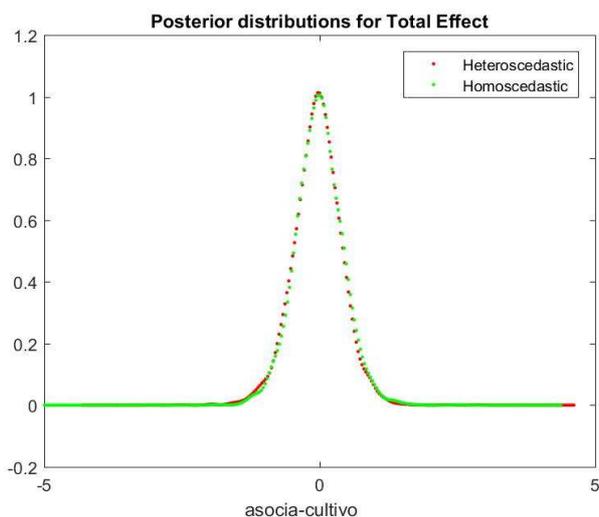


Figura 3.29. Distribución del efecto total de la práctica “Asociación de cultivo” sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica edad del cultivo principal sobre los niveles de pH en el suelo (Figura 3.30) no evidencia efecto en el 67.7% de simulaciones entre las variables.

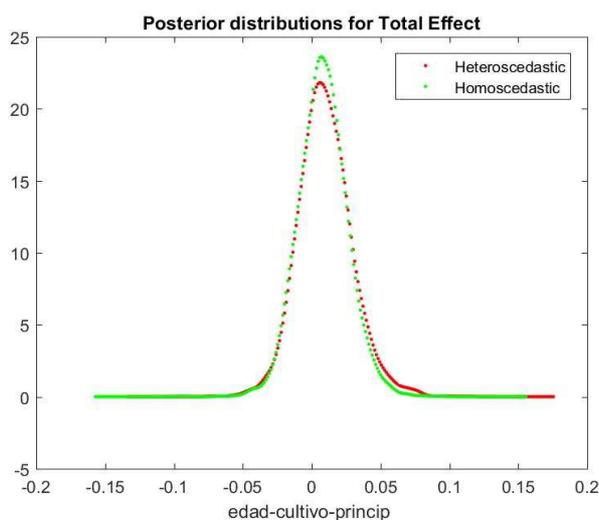


Figura 3.30. Distribución del efecto total de la práctica “Edad del cultivo principal” sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de "fertilizante orgánico" sobre la aptitud agrícola de pH de suelo (Figura 3.31) evidencia una alta confiabilidad negativa entre las variables para el 97.43 % de las simulaciones realizadas. Se puede asumir que los fertilizantes orgánicos aplicados generan una acidificación de los suelos, esto debido (teóricamente) a que los insumos orgánicos aplicados no estarían completamente listos (o descompuestos). Esta descomposición in situ podría generar la producción de ácidos orgánicos que disminuirían el pH. Esta inferencia tiene que ser corroborado por estudios posteriores.

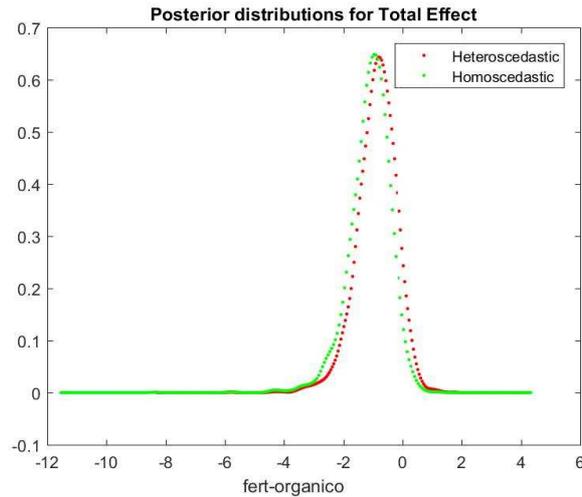


Figura 3.31. Distribución del efecto total de la práctica "Aplicación de fertilizante orgánico" sobre el indicador cualitativo de aptitud agrícola para niveles de pH en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de aplicación de fertilizante químico sobre los niveles de pH en los suelos (Figura 3.32), no muestra efecto en el 63.95% de simulaciones entre las variables.

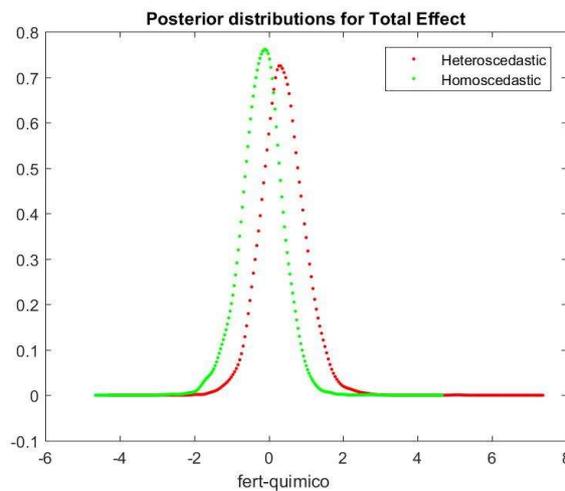


Figura 3.32. Distribución del efecto total de la práctica "Aplicación de fertilizante químico" sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

En la Figura 3.33 se observa la distribución del efecto total de la práctica de plaguicida químico sobre los niveles de pH en el suelo, en el cual se demuestra que el 64.5% de las simulaciones presenta confiabilidad positiva, sin embargo, no tiene efecto entre las variables.

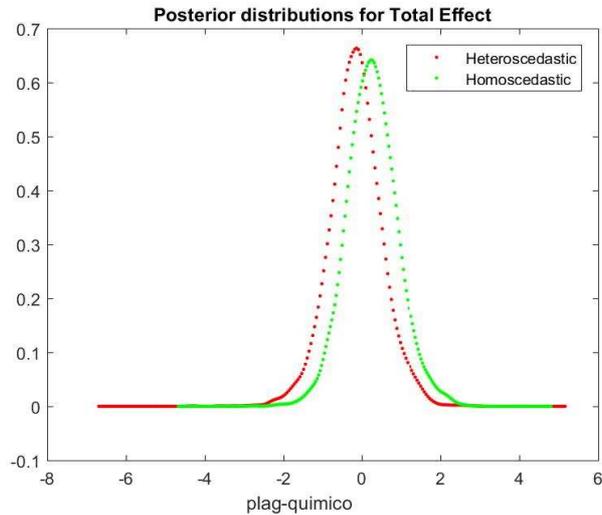


Figura 3.33. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de plaguicida químico” sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

La figura 3.34 muestra que la distribución del efecto total de la práctica de "podas fitosanitarias" sobre la aptitud agrícola en cuanto a pH presenta mediana confiabilidad positiva dado por el 89.55 % de las simulaciones. Las podas fitosanitarias consisten en la remoción de mazorcas enfermas; estas mazorcas son dejadas en el suelo en un estado de descomposición medianamente avanzado, esto a su vez disminuiría la producción de ácidos orgánicos, causando la acidificación de suelos.

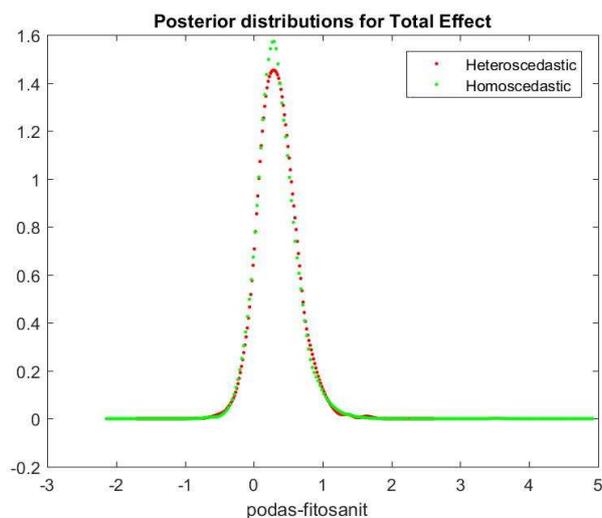


Figura 3.34. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas fito-sanitarias” sobre el indicador cualitativo de aptitud agrícola para niveles de pH en suelos.

En la Figura 3.35 se observa la distribución del efecto total de la práctica de podas de formación sobre el pH en el suelo, evidenciándose el 86.55 % confiabilidad media negativa. Contrario a lo observado en las podas fitosanitarias (remoción de mazorcas muertas), las podas de formación remueven brotes jóvenes (conocidos como chupones), estos chupones son fácilmente descompuestos por los microorganismos ocasionando una disminución del pH. Cabe mencionar que esta disminución es muy probablemente de alcance temporal.

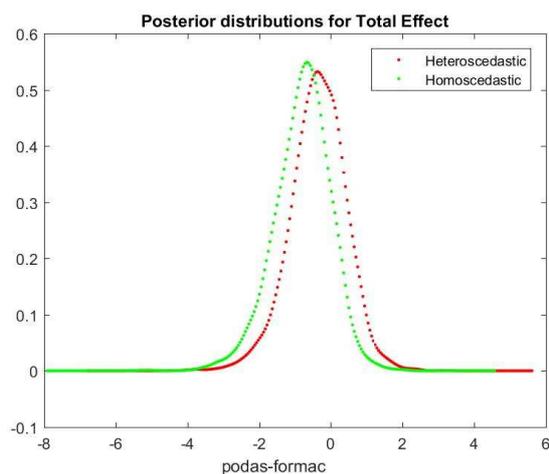


Figura 3.35. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas de formación” sobre el indicador cualitativo de aptitud agrícola para niveles de pH en suelos.

La distribución del efecto total de la práctica de aplicación de podas de mantenimiento sobre los niveles de pH del suelo (Figura 3.36) evidencian un 95% de alta confiabilidad negativa de las simulaciones entre las variables. Este comportamiento de la variable podas de mantenimiento se explica de la misma manera que con las podas de formación, pues tienen el mismo fin.

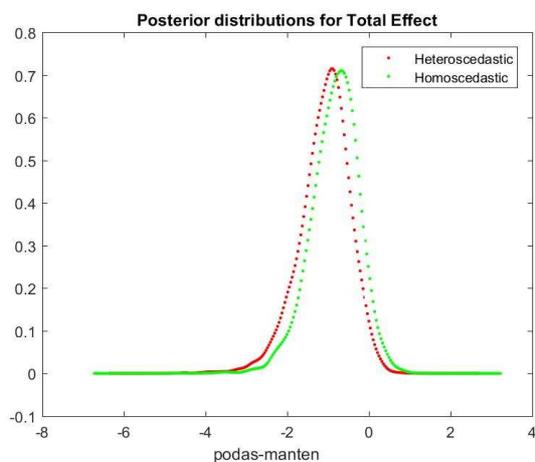


Figura 3.36. Distribución del efecto total de la práctica “Aplicación de podas de mantenimiento” sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

En la Figura 3.37 se observa que el efecto total de la práctica de aplicación de "podas de rehabilitación" sobre la aptitud agrícola de pH en el suelo presenta una alta confiabilidad positiva dada por el 98.03 % de las simulaciones realizadas.

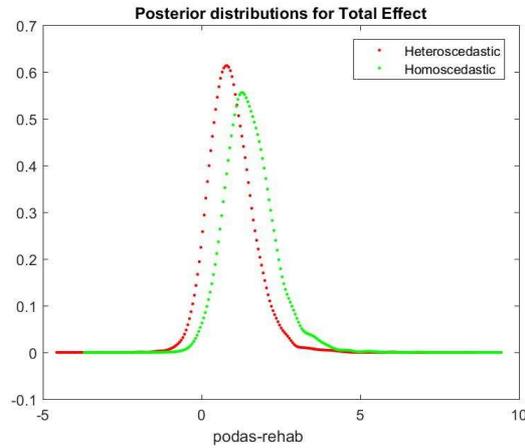


Figura 3.37. Distribución del efecto total de la práctica "Aplicación de podas de rehabilitación" sobre el indicador cualitativo de aptitud agrícola para niveles de pH en suelos.

En la Figura 3.38 se observa la distribución del efecto total de la práctica de la siembra de la variedad nacional sobre el pH del suelo, en el cual se evidencia una alta confiabilidad positiva con el 89.35% de simulaciones entre las variables. El cacao nacional es, bajo condiciones actuales, poco productivo (como mostraron los resultados anteriores). Esta baja productividad no permite a los agricultores aplicar insumos químicos como fertilizantes, o realizar podas de formación o mantenimiento, que generarían una disminución del pH o confiabilidad negativa.

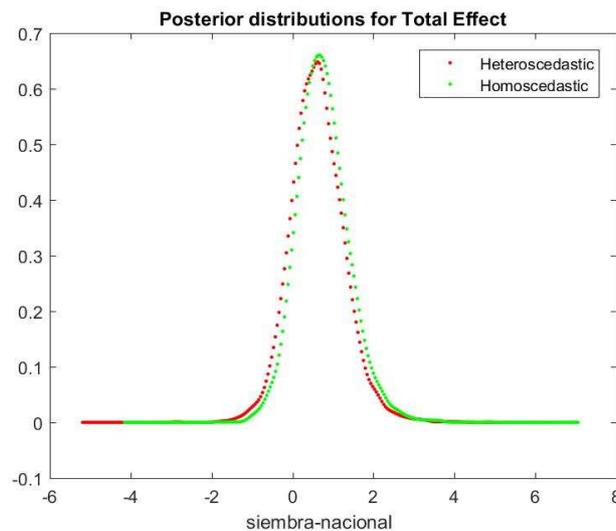


Figura 3.38. Distribución del efecto total de la práctica "Siembra de la variedad nacional" sobre el indicador cualitativo de aptitud agrícola para niveles de pH en suelos.

La distribución del efecto total del uso de la variable "uso de riego tecnificado" sobre pH en el suelo (Figura 3.39), evidencia una alta confiabilidad positiva de las simulaciones entre las variables (87.25%). El tipo de riego per se no tiene una relación directa con el pH, sin embargo, la calidad de agua que se obtiene para el riego tecnificado (comúnmente pozo profundo), podría tener injerencia en el pH. Hipotéticamente existe una mayor cantidad de carbonatos en las aguas de pozos lo que incrementarían el pH, pero para corroborar esta hipótesis se necesitaría un estudio más profundo.

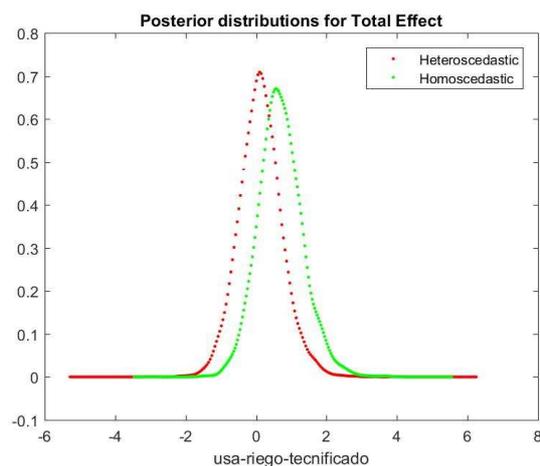


Figura 3.39. Distribución del efecto total de la práctica "Uso de técnicas de riego tecnificado" sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

En la Figura 3.40 se muestra la distribución del efecto total de la práctica de uso de técnicas de riego tradicional sobre los niveles de pH del suelo. Se observa una alta confiabilidad positiva (94.3% de simulaciones). Igual que antes, no existe un nexo muy claro sobre el tipo de riego y el pH, excepto por el contenido de carbonatos en las aguas que puede generar un incremento del pH del suelo.

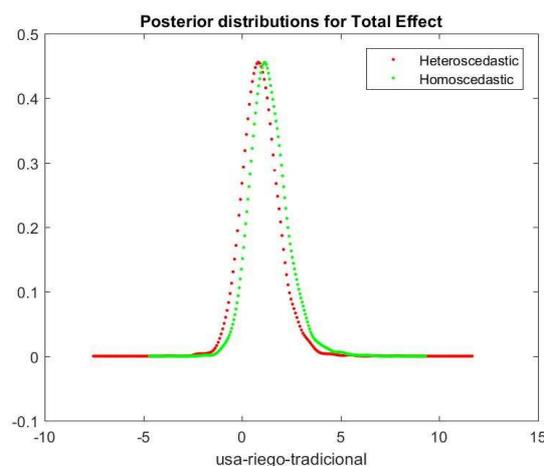


Figura 3.40. Distribución del efecto total de la práctica "Uso de técnicas de riego tradicional" sobre el indicador cualitativo niveles de pH en suelos.

3.5 Relación entre prácticas agrícolas y el rendimiento promedio en el cultivo de Cacao

A partir de las encuestas levantadas en campo²⁰, en esta sección se resume los resultados obtenidos de la caracterización de las prácticas agrícolas y la productividad en el cultivo de cacao en la zona de estudio. Entre los principales estadísticos que arrojaron las encuestas se observó, por ejemplo, la distribución del tamaño de los predios declarado por los agricultores y el área destinada al cultivo de cacao. La figura 3.41 muestra dicho contraste.

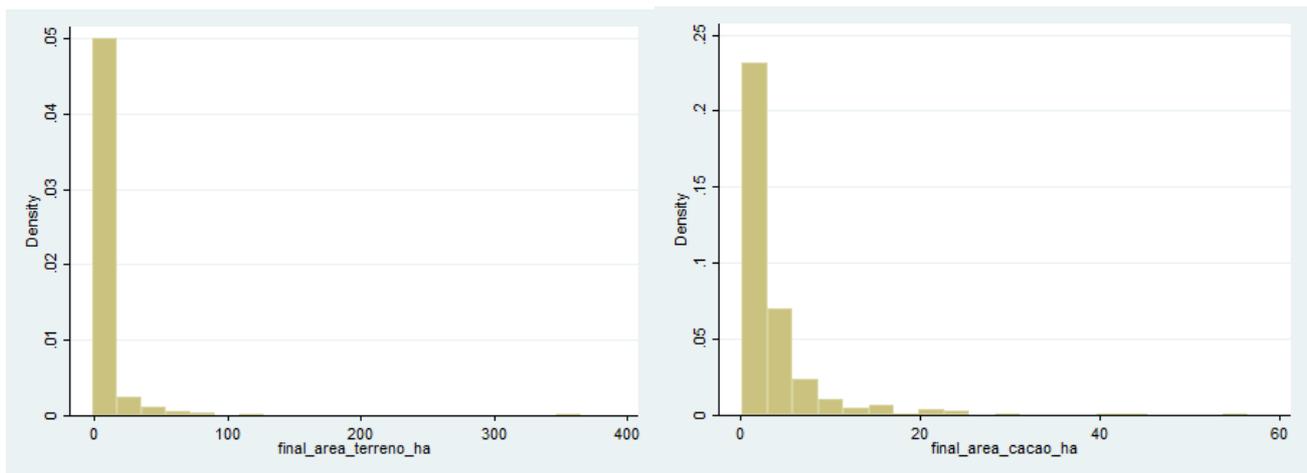


Figura 3.41. Distribución del tamaño del predio (Izq.) y superficie dedicada a Cacao (der.)

Como se puede apreciar (y como era de esperarse) la distribución muestral de ambas variables muestra asimetría positiva. Es más, se tiene que, en promedio, los encuestados dedican el 72.38% (Error Std. 1.79%) de su terreno a la producción de cacao. La figura 3.42 a continuación muestra la distribución muestral del último rendimiento declarado por los agricultores (en libras por hectárea) y el número de cosechas al año que estos reportan.

²⁰ Para la caracterización presentada en esta sección no se consideran productores que se declaran orgánicos, por cuanto sus prácticas son agroecológicas, y por tanto no tendrían impacto sobre la calidad de los servicios ecosistémicos.

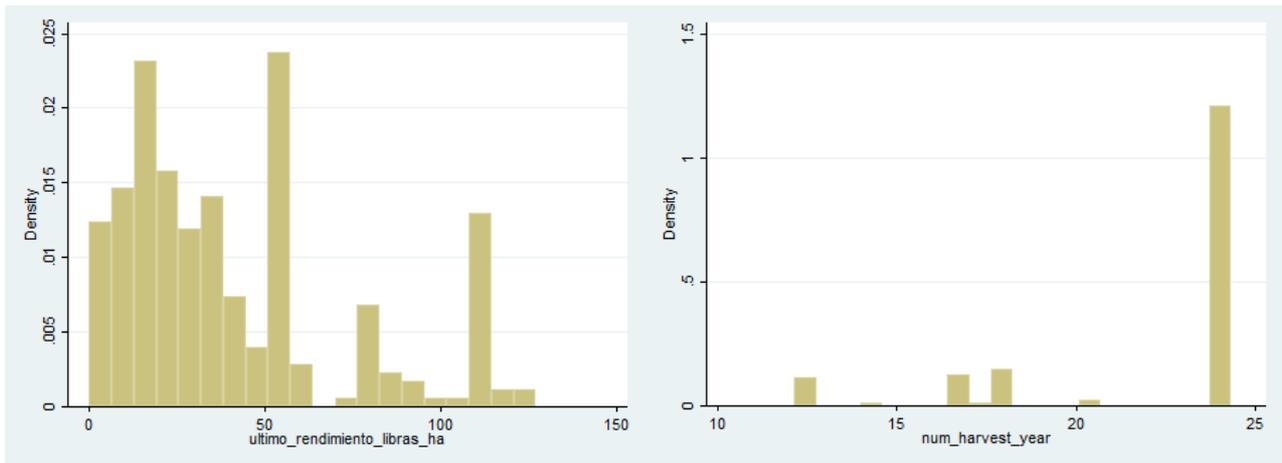


Figura 3.42. Distribución del rendimiento en lb/ha (Izq.) y número de cosechas (Der.)

Se puede observar que la mayor parte de los agricultores entrevistados supera 20 cosechas al año, y que el comportamiento del último rendimiento observado es asimétrico, con un promedio de 41.15 libras/ha (Error Std. 1.87). A partir de allí se procedió a la conversión de los rendimientos a Ton/ha y a la estimación del rendimiento anual utilizando ambos indicadores. Así, se obtiene que el rendimiento promedio anual estimado para la muestra es de 0.514 Ton/ha (Error Std. 0.028). Además, se observa que esta variable muestra un coeficiente de asimetría de 1.24 y curtosis de 4.26, lo que claramente indica que la distribución de esta variable no ajusta empíricamente a una distribución normal. Por otro lado, la figura 3.42 muestra que el rendimiento de la última cosecha marca claramente dos grupos de agricultores con comportamientos diferentes. Si se separa el rendimiento anual por el tipo de material genético sembrado, se obtiene el resultado mostrado en la tabla 3.11.

Tabla 3.11. Rendimiento anual promedio en Ton/ha por tipo de cacao.

	Rend. anual Promedio (Ton/Ha)	Error Std.
Siembra Nacional	0.651	0.067
Siembra CCN51	1.742	0.260

Se tiene entonces que el rendimiento observado para el cacao CCN51 es considerablemente más alto que el cacao nacional. Además, se tiene que el 45.45% de los encuestados declaran poseer únicamente cacao CCN51 mientras el restante 54.55% posee cacao nacional (sea exclusivamente o en combinación con el cacao CCN51).

Respecto al uso de riego en la muestra la figura 3.43 refleja la distribución empírica de esta variable. Se tiene que el 47.44% no utiliza riego, mientras que el 17.05% de los encuestados usa técnicas de riego tradicionales (principalmente por inundación) y un 34.09% utiliza alguna clase de técnica de

riego tecnificada (goteo, microaspersión, entre otras). Además, el 30.11% utiliza fuentes de agua subterránea para riego.

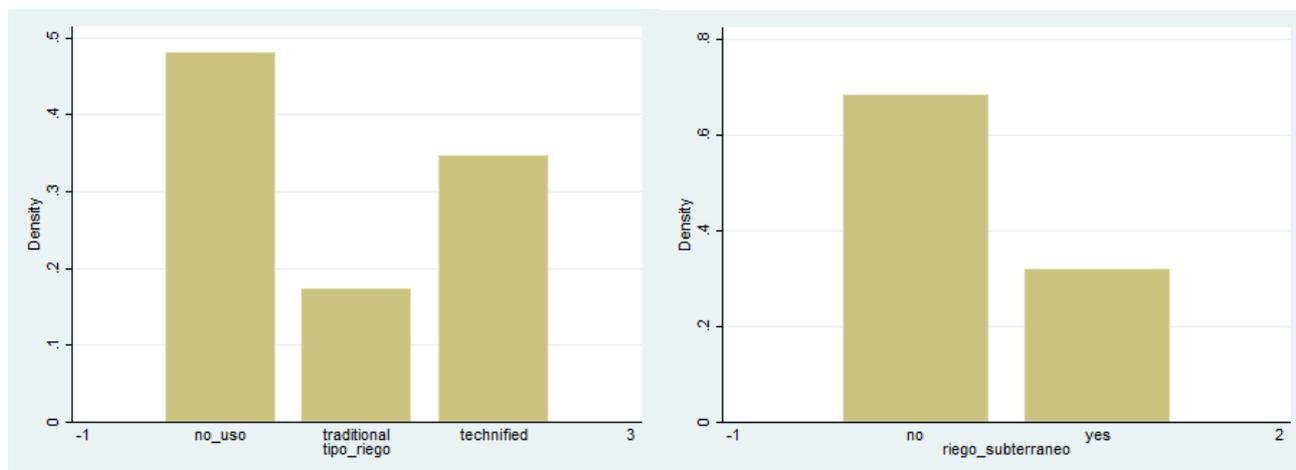


Figura 3.43. Distribución del uso del riego por tipo de tecnología (Izq.) y fuente utilizada (Der.)

En la figura 3.44 se puede observar el comportamiento muestral de la aplicación de fertilizantes por tipo (químico/orgánico) y plaguicida químico.

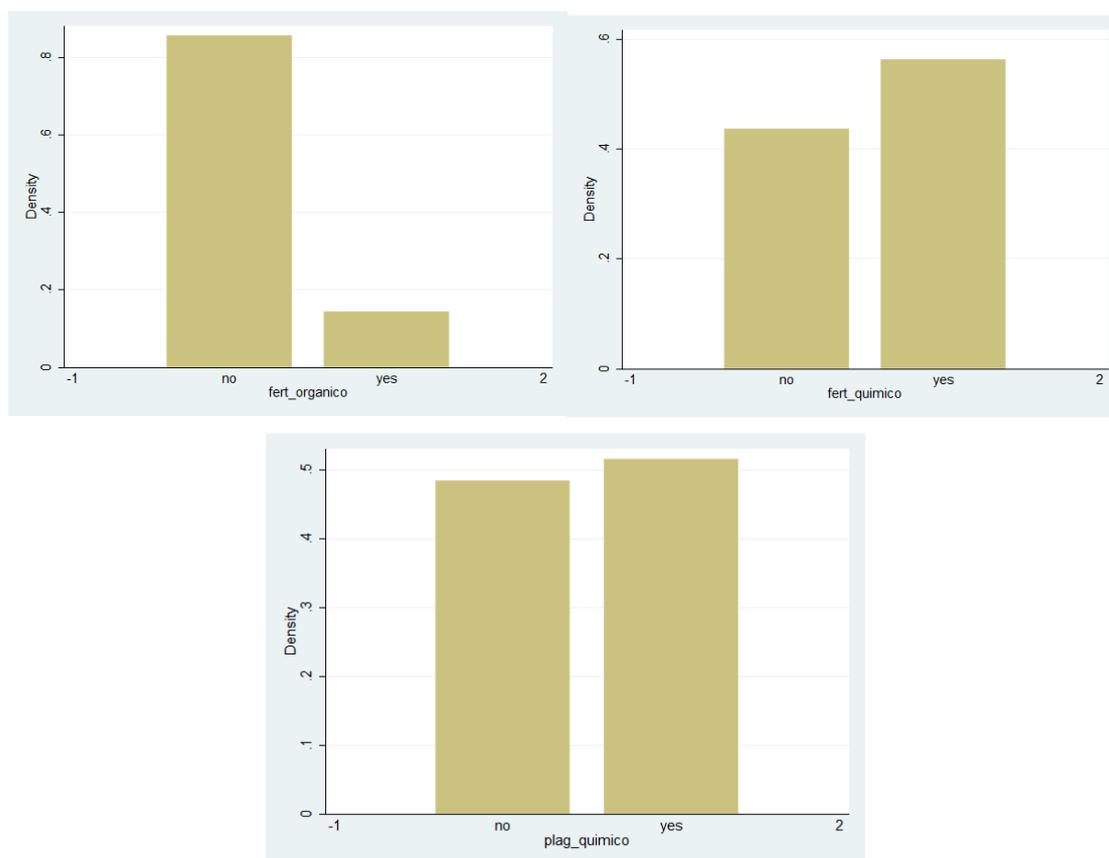


Figura 3.44. Distribución de la aplicación de fertilizantes orgánico (panel superior izquierdo), fertilizantes químicos (panel superior derecho) y plaguicidas químicos (panel inferior).

Se puede observar que un 56% de los encuestados utiliza fertilizantes químicos de alguna clase, mientras que apenas un 14.2% de los agricultores identificó utilizar fertilizantes orgánicos dentro sus prácticas de cultivo habituales. Además, el 51.4% de los agricultores declaró que utiliza algún tipo de plaguicida químico habitualmente, sea para el control de malezas como para el control de agentes bióticos que afectan el proceso de producción.

Por otra parte, la tabla 3.11 muestra el comportamiento de la realización de podas en la muestra de agricultores entrevistados. Se puede observar que la gran mayoría de los entrevistado realiza algún tipo de poda, siendo la de mantenimiento la más frecuente. El 12.78% de los entrevistados no realizan podas en absoluto.

Tabla 3.11. Porcentaje de aplicación en la muestra por tipo de poda.

Tipo de poda	Porcentaje
Ninguna	12.78%
Rehabilitación	15.63%
Fito-sanitaria	17.05%
Formación	14.77%
Mantenimiento	73.01%

La figura 3.45 muestra la distribución observada para la edad del cultivo principal y el comportamiento de asociación de cultivo de cacao. Se tiene que el agricultor mediano mantiene cultivos con una edad de 8 años, y la distribución empírica muestra un sesgo positivo. Es decir, la mayor parte de los cultivos de cacao observados tienen plantaciones con edad de 30 años o menos. Además, apenas un 19.32% de los agricultores realizan asociación de cultivos.

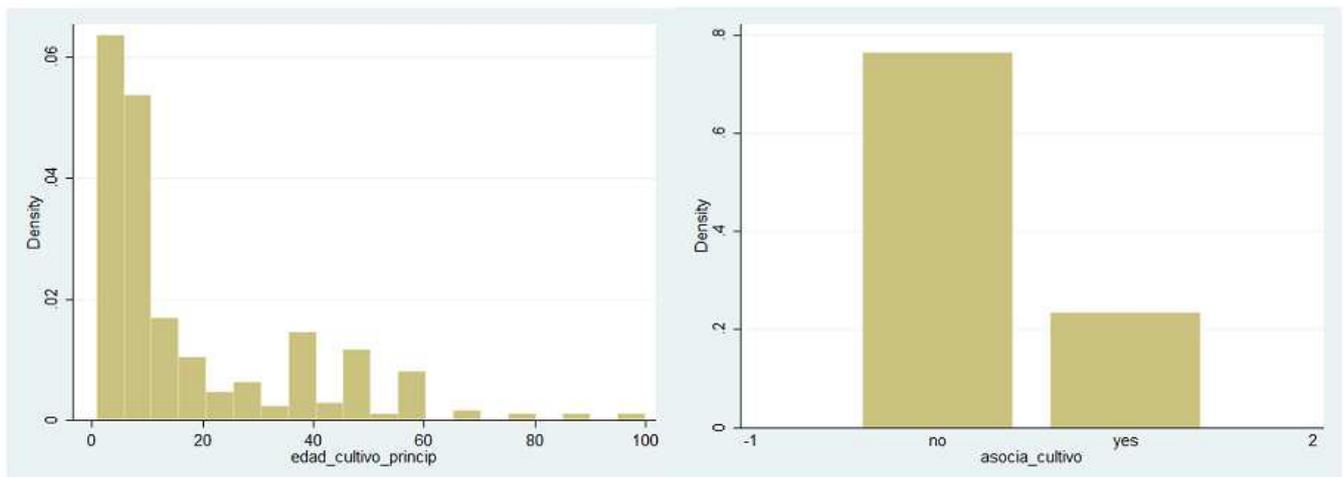


Figura 3.45. Distribución de la edad del cultivo principal (panel izquierdo) y la práctica de asociación de cultivos (panel derecho).

Finalmente, para buscar caracterizar la asociación observada entre las prácticas descritas en la presente sección y el rendimiento anual estimado del cultivo de cacao, se desarrolló un análisis de correlación parcial considerando todas las variables que recogen las prácticas agrícolas mencionadas. Es importante evidenciar que el rendimiento será transformado con logaritmos para este análisis, ya que la distribución observada del mismo es asimétrica. Además, la potencial heterogeneidad entre los agricultores entrevistados (como lo muestra por ejemplo la figura 3.10 en términos de la escala de producción), así como de la estructura de correlación espacial (muy frecuente en este tipo de problemas de estimación), hace necesario desarrollar el análisis robusto por el método de Newey-West utilizando Bootstrapping. De este modo, se busca corregir la varianza de los estimadores resultantes para que sean consistentes con una estructura general de matriz de Varianza-Covarianza del término de error del modelo de regresión.

Al tratarse de un análisis de correlación parcial, este permite identificar cuáles prácticas muestran un efecto parcial significativo sobre el logaritmo del rendimiento anual estimado. En otras palabras, permite asociar y determinar el efecto porcentual de la presencia/ausencia o intensificación de una práctica sobre el rendimiento, dadas todas las demás características que se consideran en el análisis. La tabla 3.12 muestra los resultados del ejercicio de estimación.

Tabla 3.12. Resultados del análisis de correlación parcial robusto por Bootstrap para la relación entre las prácticas agrícolas y el rendimiento anual observado (en logaritmo).

Práctica/Característica	Coefficiente	Err. Std. Por Bootstrap	Z	P valor
Riego tradicional	-0.008	0.190	-0.040	0.968
Riego tecnificado	0.203	0.172	1.190	0.023*
Siembra variedad nacional	-0.496	0.170	-2.910	0.004*
Aplic. Fertilizante químico	-0.154	0.191	-0.810	0.421
Aplic. Fertilizante orgánico	0.095	0.263	0.360	0.718
Aplic. Plaguicida químico	0.353	0.169	2.090	0.037*
Edad del cultivo princip.	0.004	0.012	0.350	0.725
(Edad del cultivo princip.) ²	0.000	0.000	-0.520	0.604
Asociación de cultivo	-0.536	0.162	-3.300	0.001*
Podas de rehabilitación	0.392	0.205	1.910	0.056**
Podas Fito-sanitaria	0.254	0.201	1.270	0.206
Podas de formación	0.338	0.203	1.660	0.096**
Podas de mantenimiento	0.631	0.200	3.150	0.002*
Log. Área dedicada al Cacao	0.246	0.079	3.100	0.002*
Constante	-1.281	0.255	-5.030	0.000*

Prob > Chi2 = 0; R-Squared = 0.279; Adjusted R-Squared= 0.237; Root MSE = 1.116

* Significativo al 5%. ** Significativo al 10%.

La tabla muestra que el cacao nacional tiene un efecto negativo importante sobre el rendimiento (como era de esperarse). Asimismo, se evidencia que la aplicación de plaguicidas químicos mejora en promedio el rendimiento en aproximadamente 35.3% por cuanto reduce el impacto de plagas sobre la productividad. Otra práctica que muestra un detrimento considerable en el rendimiento del cultivo es la asociación del cultivo de cacao. Por último, la aplicación de podas de rehabilitación y mantenimiento mejoran significativamente el rendimiento promedio, con efectos parciales de 39.2% y 63.1% significativamente.

La tabla 3.9 a continuación muestra un resumen de todos los resultados principales obtenidos a partir de los análisis realizados.

Tabla 3.9. Resumen de resultados del efecto de prácticas agrícolas en cacao sobre productividad y servicios ecosistémicos.

Prácticas Agrícolas para producción de cacao	Significancia de relación con productividad	Impacto sobre productividad en %	Servicio Ecosistémico Fertilidad del Suelo			
			Función química			Función orgánica
			pH	Salinidad	Nutrientes	Materia orgánica
Efecto del modelo total	Alto		Alto ajuste	Bajo ajuste	Alto ajuste	Bajo ajuste
Asociación de cultivo	Alta	-53.6	No relación	No robusto	Negativo confiable	No robusto
Riego tecnificado	Alta	20.3	Positiva confiable	No robusto	No relación	No robusto
Siembra variedad nacional	Alta	-49.6	Positiva confiable	No robusto	No relación	No robusto
Aplic. Plaguicida químico	Alta	35.3	No relación	No robusto	Negativo confiable	No robusto
Podas de mantenimiento	Alta	63.1	Negativa confiable	No robusto	Positivo confiable	No robusto
Podas de rehabilitación	Media	39.2	Positiva confiable	No robusto	Negativo confiable	No robusto
Podas de formación	Media	33.8	Negativa leve	No robusto	Positivo confiable	No robusto
Podas Fito-sanitaria	Baja	25.4	Positiva confiable	No robusto	Positivo leve	No robusto
Riego tradicional	Baja	-0.8	Positiva confiable	No robusto	Positivo confiable	No robusto
Aplic. Fertilizante químico	Baja	-15.4	No relación	No robusto	Negativo confiable	No robusto
Aplic. Fertilizante orgánico	Baja	9.5	Negativo confiable	No robusto	Positivo leve	No robusto
Edad del cultivo principal (cacao)	Baja	0.4	No relación	No robusto	Negativo leve	No robusto

Como puede observarse, existen ciertas prácticas que tienen una relación positiva o negativa (débil o fuerte, alta o baja) con la productividad del cultivo y el servicio ecosistémico relacionado con la aptitud de la zona de estudio para la producción de cacao. Con estos resultados, en la siguiente sección se busca valorar económicamente el efecto de estas relaciones. Es decir, estimar los impactos de distintos escenarios sobre la economía del cacao en la zona de estudio.

3.6 Valoración económica de servicios ecosistémicos en producción de cacao

Con base en los resultados anteriores, en esta sección se procede a desarrollar un ejercicio de valoración económica de los escenarios planteados en la tabla 2.X del capítulo anterior. Los escenarios que se consideran se resumen a continuación:

- a. **Escenario BAU**, que implica un cambio marginal (+10% sobre el área ya cultivada) como consecuencia de la disponibilidad de riego del proyecto Daule-Vinces. En este escenario no se contempla un cambio en las prácticas agrícolas que impacten la productividad ni en los servicios ecosistémicos, asociados a la aptitud agro-edafo-climática para el cultivo del cacao. Solo se prevé mayor producción de cacao (y por tanto mayor ingreso) por cuanto se dedica más área al cultivo.
- b. **Escenario 1**, que implica un incremento de +50% sobre el área cultivada, como consecuencia de la disponibilidad de riego. En este escenario no se contempla un cambio en las prácticas agrícolas que impacten la productividad. Dado que el área de cultivo ahora es mucho mayor se estima una mayor producción, y un mayor ingreso económico, lo cual redundaría en un mayor retorno económico sobre la inversión realizada en el proyecto de riego Daule-Vinces. Sin embargo, también se esperaría una mayor presión negativa sobre los servicios ecosistémicos como consecuencia de que no se cambian las prácticas agrícolas.
- c. **Escenario 2**, que implica un incremento de +50% sobre el área cultivada como consecuencia de la disponibilidad de riego; y un cambio en las prácticas agrícolas que son favorables a los servicios ecosistémicos. El resultado sería un incremento de la productividad, y por tanto una mejora en los ingresos y las condiciones de vida de los productores (pequeños), así como un incremento del valor de la cadena del cacao en la zona de influencia del proyecto de riego. En ese escenario se evalúa un posible retorno social de la inversión realizada en el proyecto de riego por medio del fomento del cultivo de cacao, con prácticas amigables a los servicios ecosistémicos.

Las tablas a continuación muestran las estimaciones de la valoración para cada escenario.

Tabla 3.10. Valoración económica del escenario O, BAU (Business as usual)

	Var.	Pequeños productores		Medianos y grandes		Total		Observaciones
SUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE ESCENARIOS								
a. Hectáreas en producción	--	359.1	ha	4,058.3	ha	4,417.5	ha	Calculado a partir de datos ESPAC del 2014 y validado con encuesta
b. Rendimiento promedio	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			Basado en encuesta
c. Variedad predominante	--	Nacional		CCN51				
d. Producción de cacao estimada (= a x b)	--	233.8	ton/año	7,069.6	ton/año	7,303.4	ton/año	Producción con base en hectáreas en cultivo y rendimiento
e. Precio promedio productor (ton)	--	1,161.0	USD/ton	1,145.3	USD/ton			Precios promedios pagados al productores según MAGAP
f. Precio promedio internacional (ton)	--	4,250.0	USD/ton	3,250.0	USD/ton			Precios promedios internacional estimado por ICCO.
g. Valor local de la producción (= d x e)	--	271,438.6	USD	8,096,805.4	USD	8,368,243.9	USD	Ingreso total por la venta de producción en USD
h. Valor exportable de la producción (= d x f)	--	993,638.1	USD	22,976,178.7	USD	23,969,816.8	USD	Valor de la producción a precios internacionales en USD
VALORACIÓN DE ESCENARIO O								
i. Área de producción incrementada (= d + Var.)	+10%	395.0	ha	4,464.2	ha	4,859.2	ha	Incremento es sobre área actual al 2014
j. Rendimiento por cambios en Prácticas agrícolas (efectos positivos)	-	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
k. Rendimiento por cambio en prácticas agrícolas (efectos negativos)	-	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
l. Rendimiento estimado	-	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
m. Producción de cacao incrementada (= i x l)	-	257.2	ton/año	7,776.6	ton/año			Aumenta la producción sin ningún cambio en prácticas que implique un cambio en productividad
n. Valor local de la producción incrementada. (= m x e)	--	298,582.4	USD	8,906,485.9	USD	9,205,068.3	USD	Ingreso total por la venta de producción incrementada en USD
o. Valor exportable de la producción incrementada (= m x f)	--	1,093,002.0	USD	25,273,796.5	USD	26,366,798.5	USD	Valor de la producción incrementada a precios internacionales en USD
RESULTADOS DE VALORACIÓN ESTIMADOS								
p. Beneficio local de DAUVIN (= n - g)	--	27,143.9	USD	809,680.5	USD	836,824.4	USD	Diferencial de ingreso en USD
q. Beneficio total de DAUVIN (= m - h)	--	99,363.8	USD	2,297,617.9	USD	2,396,981.7	USD	Diferencial de valor en USD
r. Mejoramiento productividad por cambio de prácticas	--	Ninguno		Ninguno				
s. Condiciones económicas de productores (incremento de ingresos)	--	Incremento marginal		Incremento marginal				Si bien se incrementa ingreso local y valor exportable, este solo se debe a incremento en el área de producción
t. Condiciones de vida de productores (por incremento de ingresos)	--	Incremento marginal		Incremento marginal				
u. Presión sobre servicios ecosistémicos	--	Aumento marginal por incremento de área		Aumento medio por incremento de área				Incremento de área de producción sin cambio de prácticas aumentará la presión sobre los SE estudiados.

Partiendo de una producción actual de cacao en la zona del Proyecto Daule-Vinces de 4,417.5 ha, la primera parte de la tabla 3.10 estima el valor local de la producción (a partir de los precios pagados al productor), y el valor de exportación de la producción, para lo cual se consideró el precio promedio internacional de la variedad nacional o fino de aroma, y del CCN51. La valoración incremental procede por cuanto la disponibilidad de riego incentivaría un incremento del área dedicada al cultivo de cacao. Sin embargo, de no existir ningún apoyo e incentivo, el crecimiento del área podría ser muy marginal. Cabe indicar que al momento no existe la suficiente inversión de parte del Consejo Provincial de Los Ríos o del MAGAP, (responsables de la competencia del riego parcelario) para asegurar que el riego pueda ser canalizada a las parcelas, en parte debido a la falta de presupuestos de inversión por las limitaciones económicas del país. Solo se ha construido los canales principales, y faltan las obras secundarias. De no existir esta inversión, se estima que la variación propuesta de +10% puede ser bastante realista. Este incremento de área de producción, sin ningún otro cambio, produciría un beneficio económico local de USD 836,824.4 y un valor total de USD 2'396,981.7 considerando el valor a precios internacionales del cacao. De ser el caso, estos resultados aportarían muy poco a generar los beneficios esperados de la inversión en el proyecto de riego, para lo cual se debe

considerar que el cacao sería el cultivo de mayor valor económico, de entre los otros posibles de ser cultivados en el área de estudio. La tabla 3.11 muestra los resultados para el escenario 1.

Tabla 3.11. Valoración económica del escenario 1 (Daule-Vinces más producción)

	Var.	Pequeños productores		Medianos y grandes		Total		Observaciones
SUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE ESCENARIOS								
a. Hectáreas en producción	--	359.1	ha	4,058.3	ha	4,417.5	ha	Calculado a partir de datos ESPAC del 2014 y validado con encuesta
b. Rendimiento promedio	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			Basado en encuesta
c. Variedad predominante	--	Nacional		CCN51				
d. Producción de cacao estimada (= a x b)	--	233.8	ton/año	7,069.6	ton/año	7,303.4	ton/año	Producción con base en hectáreas en cultivo y rendimiento
e. Precio promedio productor (ton)	--	1,161.0	USD/ton	1,145.3	USD/ton			Precios promedios pagados al productores según MAGAP
f. Precio promedio internacional (ton)	--	4,250.0	USD/ton	3,250.0	USD/ton			Precios promedios internacional estimado por ICCO.
g. Valor local de la producción (= d x e)	--	271,438.6	USD	8,096,805.4	USD	8,368,243.9	USD	Ingreso total por la venta de producción en USD
h. Valor exportable de la producción (= d x f)	--	993,638.1	USD	22,976,178.7	USD	23,969,816.8	USD	Valor de la producción a precios internacionales en USD
VALORACIÓN DE ESCENARIO 0								
i. Área de producción incrementada (= d + Var.)	50%	538.7	ha	6,087.5	ha	6,626.2	ha	Incremento es sobre área actual al 2014
j. Rendimiento por cambios en Prácticas agrícolas (efectos positivos)	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
k. Rendimiento por cambio en prácticas agrícolas (efectos negativos)	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
l. Rendimiento estimado	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			
m. Producción de cacao incrementada (= i x l)	--	350.7	ton/año	10,604.4	ton/año			Aumenta la producción sin ningún cambio en prácticas que implique un cambio en productividad
n. Valor local de la producción incrementada. (= m x e)	--	407,157.8	USD	12,145,208.1	USD	12,552,365.9	USD	Ingreso total por la venta de producción incrementada en USD
o. Valor exportable de la producción incrementada (= m x f)	--	1,490,457.2	USD	34,464,268.0	USD	35,954,725.2	USD	Valor de la producción incrementada a precios internacionales en USD
RESULTADOS DE VALORACIÓN ESTIMADOS								
p. Beneficio local de DAUVIN (= n - g)	--	135,719.3	USD	4,048,402.7	USD	4,184,122.0	USD	Diferencial de ingreso en USD
q. Beneficio total de DAUVIN (= m - h)	--	496,819.1	USD	11,488,089.3	USD	11,984,908.4	USD	Diferencial de valor en USD
r. Mejoramiento productividad por cambio de prácticas	--	Ninguno		Ninguno				
s. Condiciones económicas de productores (incremento de ingresos)	--	Incremento medio		Incremento medio				Si bien se incrementa ingreso local y valor exportable, este solo se debe a incremento en el área de producción
t. Condiciones de vida de productores (por incremento de ingresos)	--	Incremento medio		Incremento medio				
u. Presión sobre servicios ecosistémicos	--	Aumento medio por incremento de área		Aumento importante por incremento de área				

Los supuestos de partida para el escenario 1 son iguales al escenario cero, excepto que ahora se propone un crecimiento del área cultivada de cacao en un 50%, como resultado de la disponibilidad de riego. Para alcanzar este porcentaje, sería necesario la aplicación de varios incentivos a los productores, entre ellos, inversión pública que asegure las obras secundarias necesarias para canalizar el riego a las parcelas de producción, sobre todo en el caso de los pequeños productores. Adicionalmente, sería necesario fomentar el cultivo mediante crédito productivo. Este escenario no contempla un cambio de las prácticas agrícolas que impacten la productividad y que al mismo tiempo prevenga que los servicios ecosistémicos reduzcan la aptitud agrícola para la producción de cacao. Como puede observarse, este escenario muestra que el valor local de la producción de cacao se incrementaría en más de 4 millones, y el valor total a precios internacionales, a casi USD 12 millones. A pesar de que este mayor ingreso contribuiría de forma importante a generar retorno a la inversión realizada en el proyecto de riego, así como a mejorar las condiciones de vida de los productores, no contribuiría en mayor medida a mejorar o mantener los servicios ecosistémicos evaluados. Es decir, con

las prácticas actuales, se estaría afectando la aptitud del ecosistema para la producción óptima de cacao. La tabla 3.12 a continuación muestra los resultados para el escenario 2. Este escenario usa los mismos parámetros del escenario 1, sin embargo, modifica la productividad del cultivo debido a cambios en las prácticas agrícolas que contribuyen a ello, pero que al mismo tiempo son amigables con el servicio ecosistémico evaluado. Así, por ejemplo, este escenario propone que ciertas prácticas tienen efectos positivos sobre la productividad, mientras otras prácticas impactan de forma negativa y por tanto se evitarían, aun cuando ello afecte la productividad. El resultado indica que si existiría un incremento en la productividad, lo cual generaría un incremento del valor económico de la producción, al tiempo que ayudaría a mantener y eventualmente mejorar la provisión del servicio ecosistémico aptitud para el cultivo del cacao.

Tabla 3.12. Valoración económica del escenario 2 (Daule-Vinces amigable con los SE)

	Var.	Pequeños productores		Medianos y grandes		Total		Observaciones
SUPUESTOS PARA EL ANÁLISIS DE ESCENARIOS								
a. Hectáreas en producción	--	359.1	ha	4,058.3	ha	4,417.5	ha	Calculado a partir de datos ESPAC del 2014 y validado con encuesta
b. Rendimiento promedio	--	0.65	ton/ha/año	1.74	ton/ha/año			Basado en encuesta
c. Variedad predominante	--	Nacional		CCN51				
d. Producción de cacao estimada (= a x b)	--	233.8	ton/año	7,069.6	ton/año	7,303.4	ton/año	Producción con base en hectáreas en cultivo y rendimiento
e. Precio promedio productor (ton)	--	1,161.0	USD/ton	1,145.3	USD/ton			Precios promedios pagados al productores según MAGAP
f. Precio promedio internacional (ton)	--	4,250.0	USD/ton	3,250.0	USD/ton			Precios promedios internacional estimado por ICCO.
g. Valor local de la producción (= d x e)	--	271,438.6	USD	8,096,805.4	USD	8,368,243.9	USD	Ingreso total por la venta de producción en USD
h. Valor exportable de la producción (= d x f)	--	993,638.1	USD	22,976,178.7	USD	23,969,816.8	USD	Valor de la producción a precios internacionales en USD
VALORACIÓN DE ESCENARIO 0								
i. Área de producción incrementada (= d + Var.)	50.0%	538.7	ha	6,087.5	ha	6,626.2	ha	Incremento es sobre área actual al 2014
j. Rendimiento por cambios en Prácticas agrícolas (efectos positivos)								Variación de productividad se estima por los cambios que aporta cada práctica agrícola al incremento de la productividad. En el caso de la siembra de variedad nacional, y asociación de cultivo, solo se aplica a productores pequeños.
<i>Riego tecnificado</i>	20.3%	0.78	ton/ha/año	2.10	ton/ha/año			
<i>Podas de mantenimiento</i>	63.1%	1.28	ton/ha/año	2.84	ton/ha/año			
k. Rendimiento por cambio en prácticas agrícolas (efectos negativos)								
<i>Asociación de cultivo</i>	-53.6%	1.96	ton/ha/año	4.36	ton/ha/año			
<i>Aplicación plaguicida químico</i>	-35.3%	1.27	ton/ha/año	2.82	ton/ha/año			
<i>Siembra variedad nacional</i>	-49.6%	0.99	ton/ha/año	2.82	ton/ha/año			
l. Rendimiento estimado		0.99	ton/ha/año	2.82	ton/ha/año			
m. Producción de cacao incrementada (= i x l)		532.7		17,188.4				Aumenta la producción sin ningún cambio en prácticas que implique un cambio en productividad
n. Valor local de la producción incrementada (= m x e)	--	618,449.4	USD	19,685,861.1	USD	20,304,310.4	USD	Ingreso total por la venta de producción incrementada en USD
o. Valor exportable de la producción incrementada (= m x f)	--	2,263,918.8	USD	55,862,261.9	USD	58,126,180.7	USD	Valor de la producción incrementada a precios internacionales en USD
RESULTADOS DE VALORACIÓN ESTIMADOS								
p. Beneficio local de DAUVIN (= n - g)	--	347,010.8	USD	11,589,055.7	USD	11,936,066.5	USD	Diferencial de ingreso en USD
q. Beneficio total de DAUVIN (= m - h)	--	1,270,280.7	USD	32,886,083.2	USD	34,156,363.9	USD	Diferencial de valor en USD
r. Mejoramiento productividad por cambio de prácticas	--	1.5 veces		1.62 veces				Ingreso local y valor exportable suben debido a incremento de área y cambio en productividad. Pequeños productores incrementan más su productividad relativa.
s. Condiciones económicas de productores (incremento de ingresos)	--	Incremento importante		Incremento importante				
t. Condiciones de vida de productores (por incremento de ingresos)	--	Incremento importante		Incremento importante				
u. Presión sobre servicios ecosistémicos	--	Marginal		Marginal				Incremento de área de producción con cambio de prácticas incrementará de forma marginal la presión sobre los SE estudiados.

El valor local de la producción de cacao en un año sería de alrededor de USD 12 millones, mientras el valor total considerando el valor de exportación, sería de alrededor de USD 34 millones, casi 3 veces más el valor calculado en el escenario 1. A diferencia de los escenarios anteriores, este escenario si generaría una mayor contribución al retorno del proyecto, además que aportaría al mantenimiento

del servicio evaluado de aptitud del ecosistema para la producción de cacao. La tabla 3.13 a continuación resume los principales resultados obtenidos.

Tabla 3.13. Resumen de Valoración económica de escenarios

	Escenario 0 (BAU)	Escenario 1 (Productivo)	Escenario 2 (productivo y amigable con los SE)
Área de producción de cacao	10%	50%	50%
Prácticas agrícolas	Sin cambio	Sin cambio	Cambio
Productividad	Se mantiene	Se mantiene	Incrementa
Ingresos de productores locales	Incremento marginal debido a mayor área	Incremento medio debido a mayor área	In debido a mayor productividad
Valor de exportación de producción	Sube debido a mayor área	Sube debido a mayor área	Sube debido a mayor productividad
Impacto sobre Servicios ecosistémicos	Igual presión	Mayor presión	Menor presión

Para mayor facilidad de interpretación, la tabla 3.14 muestra los mismos resultados usando flechas de distintos tamaños para indicar la magnitud y la dirección del impacto.

Tabla 3.14. Resumen de Valoración económica de escenarios

	Escenario (0) BAU	Escenario (1) Productivo	Escenario (2) Productivo y amigable con SE
Área de producción de cacao	+10%	+50%	+50%
Prácticas agrícolas	Sin cambio	Sin Cambio	Cambio
Productividad	↔	↔	↑
Ingresos de productores locales	↑	↑	↑
Valor de exportación de producción	↑	↑	↑
Presión sobre SE	↑	↑	↔

CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se presentan algunas conclusiones y recomendaciones de política para tomadores de decisiones en relación a la integración del valor de los servicios ecosistémicos en la cadena de producción del cacao, en el área del proyecto de riego Dauvin.

4.1 Conclusiones

Un estudio de valoración de servicios ecosistémicos requiere la identificación de escenarios. Cada escenario debe representar un distinto nivel de provisión de servicios ecosistémicos, de tal manera que pueda identificarse el valor de las distintas opciones, así como las políticas y acciones que permitirían llegar a la situación más deseada. Adicionalmente, el análisis de escenarios permite entender los roles de los diferentes actores y evitar posibles conflictos futuros que deriven en una afectación a los servicios ecosistémicos. Para el caso del estudio TEEB-Ecuador se han definido al momento 3 escenarios relacionados con 3 aspectos: i) el uso del suelo (incremento del área cultivada de cacao en la zona del Dauvin); ii) las prácticas de manejo del cultivo de cacao; y iii) el impacto del proyecto de riego Dauvin. Los dos primeros factores se relacionan de forma directa con la provisión de servicios ecosistémicos en la zona de influencia del Dauvin, mientras el tercer aspecto captura el interés social de que se generen los beneficios sociales y económicos previstos a partir de la inversión pública que se asignó al proyecto Dauvin.

El presente estudio se realizó con el objetivo de generar conocimiento sobre el valor de los SE que hacen posible la producción de cacao en el área de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces. Las relaciones causa-efecto encontradas entre las prácticas agrícolas, el estado de los SE, y sus consecuencias sobre productividad y la socio-economía de los productores de cacao, permiten concluir que:

- i) Definir la aptitud agro-edafo-climática de una región como el servicio ecosistémico que ésta presta para la obtención de los bienes tangibles e intangibles del sistema agroalimentario, es consistente con el enfoque TEEB para valoración de SE en agricultura. En el caso específico de la producción de cacao, este enfoque permitió identificar los parámetros biofísicos que definen el SE que esta zona presta, y que genera una economía que resulta de alta importancia para los productores en términos de mayores ingresos, y para el país en términos de una producción de alto valor exportable. Se usaron en total 13 indicadores para describir la aptitud agrícola óptima para la producción de cacao, los cuales determinan que este cultivo se desarrolla en condiciones adecuadas para ser competitivo en el mercado, tanto en costos como en calidad.

- II) El uso de un enfoque multidisciplinario que combine el análisis de aspectos biofísicos y aspectos socio-económicos resulta de alta importancia para la obtención de resultados más consistentes y realistas. SE disponibles en calidad y cantidad adecuadas para sostener una actividad agrícola, no solo pueden ser identificados por la percepción o información con la que cuentan los productores agrícolas y que de forma común se mide por medio de encuestas. Se requiere un enfoque que obtenga y valide información real en campo, pero que al mismo tiempo pueda ser traducida a valor económico con el propósito de convertirse en conocimiento que sustente el desarrollo de una política.
- III) De manera más específica, en el presente estudio se encontró que la producción de cacao se realiza de diversas formas y por diversos tipos de productores. Al menos 5 perfiles fueron identificados en el análisis del capítulo 2 (2 perfiles de pequeños agricultores, y 3 perfiles de medianos y grandes agricultores), y cada uno de ellos implica una distinta utilización de insumos y de prácticas agrícolas, y a su vez, diferentes condiciones de productividad. Así, mientras pequeños agricultores parecen ser más amigables con los SE por cuanto utilizan menos insumos agrícolas, al mismo tiempo obtienen la menor productividad y, por tanto, obtienen menores ingresos económicos, y como consecuencia, reducen sus capacidades para mejorar sus condiciones de vida. Por el contrario, medianos y grandes agricultores producen cacao usando una mayor cantidad de insumos, algunos de los cuales son perjudiciales para los SE, sin embargo, obtienen una mayor productividad y por tanto mejores ingresos económicos. Justamente este desbalance es el que el presente estudio pretende comprender con el propósito de informar el desarrollo de políticas.
- IV) En relación con el área de estudio, se encuentra que esta tiene una zona específica (alrededor de 12,300 ha) con excelente aptitud para el cultivo de cacao, y que ahora se potencia por la disponibilidad de riego que ofrece el proyecto Daule-Vinces. No obstante, en tanto este insumo clave fomentará la expansión del área cultivada de cacao (así como de otros cultivos en otras zonas con diferentes aptitudes), mayor presión se comenzaría a ejercer sobre los SE que sustentan tal aptitud. No obstante, en el caso hipotético de que sea posible cambiar las prácticas agrícolas que utilizan los productores para la obtención del cacao, el presente estudio justamente contribuye en la identificación de cuáles prácticas pueden ser claves para mejorar la productividad sin afectar la provisión de SE.
- V) Un ejemplo de practica agrícola que resultó favorable en términos de SE y desfavorable en términos de productividad, es la siembra de la variedad nacional. Los resultados econométricos indican que la selección de este material tiene un efecto negativo sobre la productividad, sin embargo, la valoración económica indica que esta pérdida es compensada en cierto grado por cuanto el valor comercial de este producto es mayor en

comparación con el obtenido a partir de otros materiales de siembra, como es el caso de la variedad CCN51. Desde esta perspectiva, resulta muy adecuada la decisión política del MAGAP de establecer programas de fomento de la variedad nacional, que además permite lograr un mejor posicionamiento internacional para el país en la producción de cacao de alta calidad. No obstante, en tanto una gran proporción de productores locales no obtienen un precio diferencial por el cacao nacional, los beneficios de esta política en realidad estarían siendo capturados en su mayoría por los medianos o grandes productores de la variedad nacional, o los exportadores del fruto.

- VI) Otras prácticas, por el contrario, son favorables a la productividad y no comprometen los SE. En ciertas condiciones, más bien podrían favorecer la provisión de SE para la producción de cacao. Este es el caso de las podas del árbol, sobre todo las de mantenimiento. En este caso, el fomento de esta práctica contribuiría a mejorar los ingresos y por tanto las condiciones de vida (materiales) de los productores de cacao, en particular de los más pequeños, en quienes además predomina el uso de la variedad nacional.
- VII) También se encontró el caso de prácticas que no tiene una relación significativa con la productividad, sin embargo, podrían estar afectando los SE de forma positiva o negativa. Una práctica con impacto positivo sobre los SE pero sin mayor impacto sobre la productividad es por ejemplo, el uso de fertilizantes orgánicos. Exactamente lo contrario sucede con el uso de fertilizantes de origen químico.
- VIII) En términos de valor económico, se encontró que el escenario 0 o BAU (que implica un incremento del área de producción de 10% sin cambios en las prácticas agrícolas), si bien no produce un mayor impacto sobre los SE, tampoco genera un valor económico alto tanto a nivel local (a precios pagados al productor) o a nivel de la cadena (a precios del mercado internacional). Se estima que en este escenario, el valor económico de la producción no supera los 2.5 millones/año a nivel de la cadena, lo cual contribuye muy poco a justificar la importante inversión realizada por el Estado para la construcción del proyecto de riego. Considerar que el área con aptitud óptima para cultivo de cacao en el Davin es de aproximadamente unas 12,300 ha, es decir un poco menos del 10% del total de capacidad de riego del proyecto. Bajo este escenario por tanto no se producen los beneficios económicos y sociales esperados, y por el contrario se ejerce una presión (mínima) sobre los SE.
- IX) En el escenario 1 (con un incremento del área de producción de 50%, pero sin cambios en las prácticas agrícolas), se encontró que el valor económico marginal a nivel de la cadena es de alrededor de USD 12 millones/año, este solo es consecuencia de una mayor área integrada a la producción. Esta situación generaría una mayor presión sobre los SE, y

eventualmente reduciría su provisión tanto en calidad como en cantidad. Por el contrario, el escenario 2 (con un incremento del área de producción de 50%, y con cambios en las prácticas agrícolas que son adecuadas para mejorar la provisión de SE), en primer lugar produce un valor económico a nivel de la cadena, cercano a los USD 35 millones/año, al tiempo que no compromete los SE que contribuyen a mantener la aptitud de la zona para la producción de cacao. Claramente este resultado indica que no solo que es favorable en términos ambientales y agrícolas, el mantenimiento de la aptitud de la zona para el cultivo del cacao, mediante prácticas de cultivo adecuadas, sino que además es económicamente factible, pues genera un mayor valor marginal.

- X) En cuanto a la relación costo-beneficio (trade-off) entre mayor productividad y menor provisión de SE debido al tipo de sistema de producción (pequeños productores, versus medianos y grandes productores), si bien el uso de la variedad nacional compromete la productividad de los pequeños y por tanto sus ingresos, en tanto los mecanismos de comercialización de la fruta permitan que estos productores obtengan los ingresos más altos como compensación por la calidad del producto, el beneficio económico reducido de mantener esta práctica es compensado por el mayor valor de mercado de este producto. Es decir, se justifica el fomento de la variedad nacional que, a pesar de ser menos productiva, tiene un valor de mercado a nivel internacional mucho más alto.

4.2 Recomendaciones de política

- I) Establecer mecanismos e incentivos necesarios para promover un incremento del área producida de cacao en el área de influencia del proyecto de riego Daule-Vinces. Esto debería hacerse de forma selectiva en las áreas identificadas en este estudio, que han sido clasificadas como de provisión óptima de SE, es decir, áreas que tiene una adecuada aptitud para el desarrollo óptimo de este cultivo. Para el diseño de tales mecanismos e incentivos deberían considerarse las siguientes opciones: i) inversión en infraestructura secundaria que permita canalizar el riego a los predios de los productores, principalmente en el caso de los pequeños productores que demuestren una limitada o nula capacidad de inversión; ii) Implementar mecanismos que incrementen la eficiencia en el uso del riego, principalmente a través del uso de riego tecnificado, considerando que esta práctica contribuye de manera importante en la productividad, aún cuando se ha identificado un efecto negativo sobre el pH en los suelos, reduciendo los nutrientes disponibles para la planta. En el caso específico de los pequeños agricultores, el acceso a riego tecnificado es muy limitado, y requeriría principalmente mecanismos de financiamiento adecuadas a la economía del pequeño agricultor; iii) zonificación del cultivo de cacao, buscando asegurar

al agricultor óptimas condiciones agro-edafo-climáticas para la producción de cacao; de ser el caso, establecer cooperación con instituciones de educación superior o institución de investigación públicos, que permita desarrollar estudios más precisos y a una escala mucho menor, de las condiciones óptimas para el cultivo de cacao; iii) establecimiento de mecanismos participativos para organizar el acceso al riego, que permita asegurar una provisión segura de este servicio, y a un costo adecuado a las condiciones económicas del productor.

- II) Considerando que un incremento del área de producción, sin un cambio en las prácticas agrícolas comprometería los SE asociados a la aptitud de la zona de estudio para la producción de cacao, se propone el diseño de un programa de desarrollo agrícola dirigido especialmente a pequeños productores. Se considera que el principal mecanismo para promover este cambio, sería la educación y la capacitación práctica en temas específicos, siendo quizás el más importante, el manejo del riego y las podas, principalmente las podas de mantenimiento.
- III) Promover mecanismo de producción sustentable de cacao, que contribuyan a mantener una provisión de calidad y en cantidad suficiente del SE de aptitud agro-edafo-climática para la producción de este valioso fruto. De forma puntual, nos referimos a sistemas agroforestales y agroecológicos, que contribuyan a mantener los equilibrios naturales necesarios. Considerando que este estudio ha demostrado que la aptitud del ecosistema para la producción de cacao es relevante para la productividad, y que estos pueden ser afectados de forma positiva o negativa por ciertas prácticas, se debe generar conciencia de esta relación causal y del valor económico que genera.
- IV) Monitorear de forma continua el estado de la aptitud agro-edafo-climática para la producción de cacao, y buscar mecanismos para que las prácticas agrícolas adoptadas no comprometan los SE involucrados. Considerando que en el caso del mercado europeo existe un particular interés sobre los niveles de contaminación por metales pesados en el cacao, los cuales incluso serán fuertemente regulados a partir de enero de 2019, se deberán buscar mecanismos de garantía que aseguren que ciertas áreas de producción han establecido las mejores prácticas de cultivo para asegurar que el ecosistema es capaz de ofrecer condiciones óptimas para el cultivo de cacao, incluida la condición de absorción o baja transmisión de metales pesados hacia el fruto, principalmente cadmio y plomo.
- V) Implementar mecanismos como, por ejemplo, circuitos cortos de comercialización, comercio asociativo, comercio justo, entre otras opciones, que permita que específicamente los pequeños productores accedan a precios internacionales más altos, que compensen el uso de la variedad nacional de cacao, producido con prácticas agrícolas que se han

identificado en este estudio que contribuyen a la productividad, al tiempo que son amigables con los SE. De lograrlo, será posible garantizar una mejora en los ingresos económicos de estos productores, y en sus condiciones de vida.

- VI) Fomentar más investigación científica sobre los mecanismos biológicos o físicos (por ejemplo, enmiendas para suelos contaminados) que permiten mantener y, eventualmente, mejorar las condiciones agro-edafo-climáticas del área de estudio para la producción de cacao, así como también trabajar en concienciar a los productores sobre la importancia de mantener los SE en niveles óptimos, con el objetivo de hacer sostenible la producción de cacao en la zona de estudio.

REFERENCIAS

- Acebo M. (2016). Estudios Industriales: Industria del Cacao. Graduate School of Management (ESPAE-ESPOL).
- Anselin, Luc, and Anil K. Bera. "Spatial dependence in linear regression models with an introduction to spatial econometrics." *Statistics Textbooks and Monographs* 155 (1998): 237-290.
- Childs, C. (2004). Interpolating surfaces in ArcGIS spatial analyst. *ArcUser*, July-September, 3235, 569.
- Chiu, T., Fang, D., Chen, J., Wang, Y., & Jeris, C. (2001). A robust and scalable clustering algorithm for mixed type attributes in large database environment. In *Proceedings of the seventh ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining* (pp. 263-268). ACM.
- CLIRSEN-MAGAP. (2012). Proyecto : " Generación De Geoinformación Para La Gestión Procedimiento Metodológico Para La.
- ESRI. (2011). ArcGIS Desktop. Redlands, CA, CA: Environmental Systems Research Institute.
- FAO. (2009). Guía para la descripción de suelos. Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación, 100. Retrieved from file:///C:/Users/Alina Belen Ortiz/Downloads/a0541s00 (1).pdf
- Foley J., R. DeFries G., Asner C., Barford G., Bonan S., Carpenter F., Chapin M., Coe G., Daily H., Gibbs J., Helkowski T., Holloway E., Howard C., Kucharik C., Monfreda J., Patz I., Prentice N., Ramankutty, and Snyder P. (2005). Global consequences of land use. *Science* 309:570–574.
- Greene, W. H. (2003). *Econometric analysis*. Pearson Education India.
- Hudson, N. (1982). *Conservación del suelo* (Illustrate). Reverter. Retrieved from <https://books.google.com.ec/books?id=u137pQPxYGAC>
- INEC. (2012). Cantones 2011 (División Administrativa Referencial), escala 1:50.000.
- Larrea M. (2008). El cultivo de Cacao Nacional: un bosque generoso. "Manual de campo para la implementación de prácticas amigables con la biodiversidad en cultivos de Cacao Nacional". Programa Nacional Biocomercio Sostenible del Ecuador (EcoCiencia / CORPEI), Programa de Facilitación del Biocomercio-UNCTAD. Quito.
- MAE-MAGAP. (2015). Protocolo metodológico para la elaboración del mapa de cobertura y uso de la tierra del Ecuador continental 2013-2014, escala 1:100.000. Quito.
- MAG-PRONAREG-ORSTOM. (1984). Cartas de suelos y aptitud agrícola 1976-1982. Escala: 1:250.000.
- MAGAP. (2012). Zonificación agroecológica del cultivo de banano (*Musa sapientum*) en el Ecuador a escala 1:25.000. Quito, Ecuador.

- MAGAP. (2014). Zonificación agroecológica económica del cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en el Ecuador a escala 1:250.000. Retrieved from <http://sinagap.agricultura.gob.ec/index.php/cacao-zonificacion-agroecologica>
- Millennium Ecosystem Assessment, (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC.
- Molden David, (2007). *Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. Agua para la Alimentación, Agua para la Vida*. Londres: Earthscan y Colombo: Instituto Internacional del Manejo del Agua.
- Quantum GIS Development Team. (2012). Quantum GIS Geographic Information System. <https://doi.org/http://www.qgis.org/>
- Steinfeld H., Gerber P., Wassenaar T., Castel V., Rosales M., de Haan C., (2006). *La larga sombra del ganado: problemas ambientales y opciones*. FAO. ISBN 978-92-5-305571-5.
- USDA. (n.d.). Soil Texture Calculator. Retrieved July 26, 2017, from https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/national/home/?cid=nrcs142p2_054167
- Villavicencio, A., & Vásquez, C. (2008). *Guía técnica de cultivos, manual no. 73*. INIAP.
- WRI (2014). *Reducing Latin America's Carbon Footprint Means Restoring Life to Degraded Lands*. Blog available at: <http://www.wri.org/blog/2014/12/reducing-latin-america's-carbon-footprint-means-restoring-life-degraded-lands>

ANEXO 1: Formato de encuesta

PROYECTO TEEB ECUADOR (CUENCA DEL GUAYAS)

Nombre Encuestador: _____ Numeración (no llenar encuestador): _____

Instrucciones.

1. Saludo, Presentación Personal y objetivo del estudio
2. Verificar si la persona está apta para contestar la encuesta y si cultiva CACAO.
3. Indicar que tomará máx 20 minutos de tiempo. Preguntar si está dispuesto a darnos ese tiempo. Si, entonces CONTINUA.

Lugar de la encuesta: _____ (Solicitar ayuda si es el caso)

Parroquia: _____ (Solicitar ayuda si es el caso)

Coordenadas: X _____ Y _____

Verificar si es finca donde se hizo muestreo de agua y suelo. SI ___ NO ___

1. INFORMACIÓN GENERAL

1. Género	<input type="checkbox"/> Masculino	<input type="checkbox"/> Femenino
2. Edad		años
3. ¿Cuántas personas incluyéndole a usted componen su hogar actualmente?	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	Personas en el hogar <input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
4. ¿Sabe leer y escribir?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NOLEER)
5. ¿Cuál es el nivel de instrucción más alto que asiste o asistió? (LEA LA LISTA SI ES NECESARIO) SOLO UNA RESPUESTA.	<input type="checkbox"/> Ninguno	<input type="checkbox"/> Bachillerato Educación Media
	<input type="checkbox"/> Centro de Alfabetización /(EBA)	<input type="checkbox"/> Superior
	<input type="checkbox"/> Primario	<input type="checkbox"/> Doctorado o Máster (postgrado)
	<input type="checkbox"/> Secundario	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
6. En función a su nivel de instrucción más alto que asiste o asistió, ¿Cuál es el grado, curso o año más alto al que aprobó?	<input type="checkbox"/> Introduzca el grado, curso o año	_____
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
7. ¿Obtuvo algún título profesional por sus estudios?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
8. ¿Recibió alguna capacitación relacionada con la producción del cultivo durante el último año?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)

2. INFORMACIÓN ECONÓMICA

1. ¿Cuál es la principal razón por la que decidió ser agricultor? SOLO UNA RESPUESTA.	<input type="checkbox"/> Tradición	<input type="checkbox"/> Otra
	<input type="checkbox"/> Heredó la tierra	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> Atractivo Económico	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> Falta de Alternativas de Trabajo	
2. Año en el que inició sus actividades agrícolas	<input type="checkbox"/> Introduzca el año	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
3. ¿Mantiene el grupo familiar algún otro tipo de actividad económica?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
4. ¿Cuántos miembros de su hogar trabajan en otra actividad y reciben dinero por ello?		Personas
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
5. ¿Son sus actividades agrícolas la principal fuente de ingreso del grupo familiar?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
6. Indíquenos el tipo de Propiedad de la tierra SOLO UNA RESPUESTA.	<input type="checkbox"/> Propietario con título	<input type="checkbox"/> Miembro de comuna
	<input type="checkbox"/> Ocupado sin título	<input type="checkbox"/> Otros:

	<input type="checkbox"/> Arrendatario	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> Aparcería o al partir	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
7. ¿Cuál es la extensión del Terreno/UPA/Finca?	Cuadras	Hectáreas
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
8. ¿Vive en la UPA?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
9. Servicios a los que tiene acceso RESPUESTA MÚLTIPLE	<input type="checkbox"/> Electricidad	<input type="checkbox"/> Tanquero
	<input type="checkbox"/> Teléfono	<input type="checkbox"/> Almacenaje (BODEGA)
	<input type="checkbox"/> Agua potable	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> Pozo de agua	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
10. ¿Realiza alguna actividad económica adicional en la UPA?	<input type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
11. Seleccione el tipo de actividad económica adicional que realiza. RESPUESTA MÚLTIPLE	<input type="checkbox"/> Pesca	<input type="checkbox"/> Agro-industria
	<input type="checkbox"/> Camaroneras	<input type="checkbox"/> Turismo/Artesanía
	<input type="checkbox"/> Proyectos forestales	<input type="checkbox"/> Comercio
	<input type="checkbox"/> Crianza de animales	<input type="checkbox"/> Otra
	<input type="checkbox"/> Apicultura	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)
	<input type="checkbox"/> Minería	<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)

3. MAQUINARIA/EQUIPO PROPIO

	Tipo	Cantidad	Años de Uso	Precio de Compra (USD)	Días de Uso por Año
1. Maquinaria/ Equipo propiedad de la UPA	Vehículo(s)				
	Planta(s) eléctrica(s)				
	Cosechadora(s)				
	Fumigadoras				
	Empacadora(s)				
	Tractor(es):				
	Bomba(s)				
	Invernadero/Sem.				
	Empacadora(s)				
	Otro: _____				

4. MAQUINARIA/EQUIPO RENTADO

	Tipo	Cantidad	Precio de renta/alquiler (USD)	Días de Uso por Año
1. Maquinaria/ Equipo rentado por la UPA	Vehículo(s)			
	Planta(s) eléctrica(s)			
	Cosechadora(s)			
	Fumigadoras			
	Empacadora(s)			
	Tractor(es):			
	Bomba(s)			
	Invernadero/Sem.			
	Empacadora(s)			
	Otro: _____			

5. MANO DE OBRA

	# _____	Permanente
--	---------	------------

1. Número de trabajadores en la UPA (Indique el promedio de trabajadores en una semana común)	# _____	Eventual
2. Costo de la mano de obra	_____ \$/día	Almuerzo: <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	RECHAZA (NO LEER)
3. ¿Indicar cuántas horas se trabaja por semana?	_____	Horas/semana
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)	RECHAZA (NO LEER)

6. INFORMACIÓN SOBRE CRÉDITO Y AHORRO

1. ¿Cuenta actualmente con alguno de estos tipos de crédito? RESPUESTA MÚLTIPLE. Si la respuesta es NO ir a la pregunta 3		SI	NO
	1.a Crédito productivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.b Crédito hipotecario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.c Crédito consumo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	1.d Otros (no personal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	
2. ¿Cuáles son los montos y plazos de estos créditos? RESPUESTA MÚLTIPLE		MONTO (USD)	PLAZO (MESES)
	2.a Crédito productivo		
	2.b Crédito hipotecario		
	2.c Crédito consumo		
	2.d Otros (no personal)		
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	
3. ¿Ha accedido a algún tipo de crédito en los últimos 5 años? RESPUESTA MÚLTIPLE. Si la respuesta es NO ir a la pregunta 5		SI	NO
	3.a Crédito productivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.b Crédito hipotecario	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.c Crédito consumo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	3.d Otros (no personal)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	
4. ¿Cuáles fueron los montos plazos de estos créditos? RESPUESTA MÚLTIPLE		MONTO (USD)	PLAZO (MESES)
	4.a Crédito productivo		
	4.b Crédito hipotecario		
	4.c Crédito consumo		
	4.d Otros (no personal)		
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	
5. ¿Cuál es la principal dificultad que ha encontrado al tratar de acceder a un crédito? RESPUESTA ORDINAL (1, PRINCIPAL DIFICULTAD, 2, ETC. HASTA 3)	<input type="checkbox"/> Tipo de tenencia de la tierra. <input type="checkbox"/> Alto costo de las cuotas. <input type="checkbox"/> No se encuentra registrado en ninguna asociación. <input type="checkbox"/> Las agencias de crédito se encuentran lejos de donde resido. <input type="checkbox"/> No hay suficiente oferta de crédito en la zona donde vivo. <input type="checkbox"/> Otras: _____		
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
6. Cuando ha necesitado un dinero/crédito, ¿quién le ha prestado? RESPUESTA ORDINAL (1, PRINCIPAL DIFICULTAD, 2, ETC. HASTA 3)		SI	NO
	6.a Bancos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.b Cooperativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.c Cajas de ahorro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.d Banco Comunal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.e Chulquero	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.f Familiar o amigo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.g Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	

7. Si obtuviera un crédito de USD 500 en este momento, ¿en qué lo usaría? RESPUESTA ORDINAL (1, PRINCIPAL DIFICULTAD, 2, ETC. HASTA 3)	<input type="checkbox"/> Comprar insumos o semillas <input type="checkbox"/> Comprar/alquilar maquinaria, equipos <input type="checkbox"/> Repuestos para equipos <input type="checkbox"/> Vehículos <input type="checkbox"/> Arreglo de la casa	<input type="checkbox"/> Pago de deudas <input type="checkbox"/> Familia: Salud, Educación <input type="checkbox"/> Entretenimiento, viajes Otros: _____	
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
8. ¿Cuál cree que es un plazo adecuado para que usted pueda pagar este crédito? RESPUESTA ÚNICA	<input type="checkbox"/> Pagos diarios <input type="checkbox"/> Pagos semanales <input type="checkbox"/> Pagos quincenales <input type="checkbox"/> Pagos mensuales	<input type="checkbox"/> Pagos trimestrales <input type="checkbox"/> Pagos semestrales <input type="checkbox"/> Pagos anuales	
	<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)
9. ¿Ha acudido Usted en los últimos 12 meses a alguna institución financieras depositar alguna cantidad de dinero, aunque sea mínima? RESPUESTA MÚLTIPLE		SI	NO
	6.a Bancos	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.b Cooperativas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.c Cajas de ahorro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.d Banco Comunal	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	6.e Otros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> NO SABE (NO LEER)		<input type="checkbox"/> RECHAZA (NO LEER)	

7. INFORMACIÓN SOBRE PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

ÁREA	PREGUNTA	INSTRUCCIÓN	RESPUESTAS	
MATERIAL DE SIEMBRA	¿Qué variedad(es) tiene sembrada en su plantación de cacao?	1. Use números en orden. 1 es primero, 2 es segundo. Criterio: área.	CCN 51 _____ años _____ Nacional _____ años _____ Híbrido _____ años _____ Otro _____ años _____	
	¿Qué edad promedio tiene su cultivo de cacao?	Considerar todas las parcelas o plantas. Contestar en recuadro anterior.		
RIEGO	¿Aplica Usted riego en el área destinada para el cultivo?	Marque	SI _____	NO _____
	¿Cuáles son los principales sistema de riego?	1. Use números en orden. 1 es primero, 2 es segundo, etc. máximo 3 respuestas. Criterio: área.	Goteo _____ Aspersión _____ Bombeo _____ Balde _____	Exudación _____ Micro aspersión _____ Canales _____
	¿Cuáles son las PRINCIPALES fuentes de agua para riego?		Red pública _____ Fuente natural _____ Fuente superficial _____ Fuente subterránea _____	Lluvia _____ Otro _____ ¿Cuál? _____
FERTILIZANTES	¿Utiliza en sus cultivos fertilizantes orgánicos?	Marque	SI _____	NO _____
	¿Qué tipo de fertilizantes orgánicos utiliza?	1....	Estiércol (Ganado) Guano (Aves) Compost	Humus Líquidos Otros
	¿Utiliza en sus cultivos fertilizantes químicos?	Marque	SI	NO
	¿Qué tipo de fertilizantes químicos utiliza?	1...	Nitrogenados (urea, amoníaco)____ Fosfatados _____ Potásicos _____ NP _____	PK ____ NK ____ NPK ____ Otro____ ¿Cuál? _____
	¿Utiliza en sus cultivos plaguicidas orgánicos?	Marque	SI _____	NO _____

PLAGUICIDAS	¿Utiliza en sus cultivos plaguicidas químicos?		SI_____	NO_____
	¿Qué tipo de plaguicidas químicos utiliza?	1....	Acaricida _____ Bactericida _____ Fungicida _____ Herbicida _____ Insecticida _____	Molusquicida _____ Nematicida _____ Rodenticida _____ Otro: _____ ¿Cuál? _____
PODAS	¿Realiza labores de poda en su plantación?	Marque	SI_____	NO_____
	¿Qué tipo de podas realiza en su plantación?	1...	Formación _____ Mantenimiento _____ Rehabilitación _____	Fitosanitaria _____ Otro _____ ¿Cuál? _____
COSECHA	¿Cuánto cacao cosechó la última vez por cuadra?	Escriba cantidad	Marque si introduce en libras/quintales/toneladas	_____
POST COSECHA	¿Realiza labores de fermentación y secado?	Marque	SI_____	NO_____
	¿Qué medio utiliza para realizar las labores de fermentación y secado?	1... Criterio: Cantidad.	Sacos _____ Cajas _____ Tendal de madera _____ Tendal de caña _____	Tendal de cemento _____ Carretera _____ Otro: _____ ¿Cuál? _____
	¿Usted procesa el grano de cacao en productos elaborados?	Marque	SI_____	NO_____
	¿Qué productos elabora con los granos de cacao?	1... Criterio: Cantidad.	Manteca _____ Licor _____ Crema _____ Polvo _____	Torta _____ Chocolate _____ Otro _____ ¿Cuál? _____
CONOCIMIENTOS	Cuando escucha Producción Agrícola Sostenible o Sustentable ¿Con qué lo relaciona?	2. Marque solo una respuesta.	Rentabilidad _____ Bueno con la sociedad _____ Amigable con el medio ambiente _____	Ninguna _____ Otro: _____ ¿Cuál? _____
	Cuando escucha la palabra Agroecología, ¿con qué lo relaciona?		Sustitución de insumos químicos por orgánicos _____ Salud del suelo y de las personas _____ Sustitución del monocultivo por el policultivo _____ Prácticas ecológicas _____ Prácticas ancestrales _____	Respetuoso con el medio ambiente _____ Armonía entre los cultivos y el medio ambiente _____ Otro _____ ¿Cuál? _____
	¿En su cultivo de cacao tiene certificación orgánica?	Marque	SI_____	NO_____
MERCADOS	¿A través de que canal comercializa su cosecha de cacao?	1... Criterio: Cantidad.	Acopiador _____ Exportador _____ Comerciante/Intermediario _____ Asociación que pertenezco _____ Otra asociación _____	Empresa de chocolate _____ Empresa de productos procesados _____ Otro _____ ¿Cuál? _____
	Indique la distancia que recorre para entregar el cacao (pregunta anterior)	Ingresar número directamente	_____ Km.	
	¿Qué precio recibió por quintal de 100 lb en la última venta de cacao?	Escriba valor	Introduzca el precio en USD	_____
	¿Qué cantidad comercializó la última vez que cosechó?	Escriba valor	Introduzca cantidad en quintales?	_____

	<p>¿A qué tipo de organización(es) pertenece?</p>	<p>1... Criterio: Tiempo de dedicación. Si respuesta es ninguno, FINALIZAR ENCUESTA.</p>	<p>Organización de productores____ ANECACAO ____ Junta de riego____ Cooperativa de tierras____ Asociación de insumos____ Asociación de comerciantes____ Centro de acopio____ Caja de ahorro y crédito____ Fondo mortuario____ Comité de padres de familia____</p>	<p>Asociación Ganadera ____ Iglesia____ Comité de comunidad____ Asociación de mujeres____ Movimientos políticos____ Asociación cultural____ Asociación deportiva____ Otro <input type="checkbox"/> ¿Cuál?_____</p>
<p>ORGANIZACIÓN</p>	<p>¿En caso de ausentarse, encargaría sus animales o terreno a los miembros de la (s) organización (es) que pertenece?</p>	<p>Marque</p>	<p>SI____</p>	<p>NO____</p>
	<p>¿Estaría dispuesto a sembrar en conjunto si se lo proponen los miembros de la (s) organización (es)?</p>		<p>SI____</p>	<p>NO____</p>
	<p>¿Qué beneficios recibe al estar asociado a la (s) organización (es)?</p>	<p>1... Criterio: Mayor valor para Usted.</p>	<p>Acopio____ Mejor precio____ Subsidios del Gobierno____ Mayor volumen de venta____ Capacitación ____</p>	<p>Acceso al riego____ Disponibilidad de mano de obra____ Insumos____ Otro____ ¿Cuál?_____</p>

ANEXO 2: Diseño muestral para aplicación del cuestionario

Anexo 2: Diseño muestral para la aplicación del cuestionario

Definición del marco muestral

Debido a la falta de información con respecto a la población de agricultores (y sus características) que siembran cacao, se decidió cambiar la unidad muestral de forma que se utilice más bien la información biofísica disponible (condiciones agro-edafo-climáticas). En función del geo-procesamiento de varios mapas de las condiciones biofísicas del área de estudio, fue posible clasificar diferentes zonas (a escala 1:25000) según su aptitud para la siembra de cacao. Estas fueron a su vez clasificadas dentro de 4 diferentes niveles, según la tipología del MAGAP, donde 1 representa “No apto” y 4 “Óptimo”. Los parámetros de suelo utilizados fueron los mismos que constan en la tabla 3.2. En función del cruce de todos estos parámetros y el mapa de áreas sembradas de cacao, se identificaron casi 13,000 unidades (parcelas) de producción con aptitud óptima para la siembra de cacao, los que definen la población de estudio. Sin embargo, muchas de estas unidades muestrales tienen un tamaño muy pequeño como para que en la práctica se encuentren agricultores. Es por esto que se restringió el universo muestral a los polígonos con un área superior a 2 hectárea²¹. Como resultado de esto se obtuvo un marco muestral de 1,192 unidades de producción, para los cuales se muestran a continuación sus principales estadísticas descriptivas.

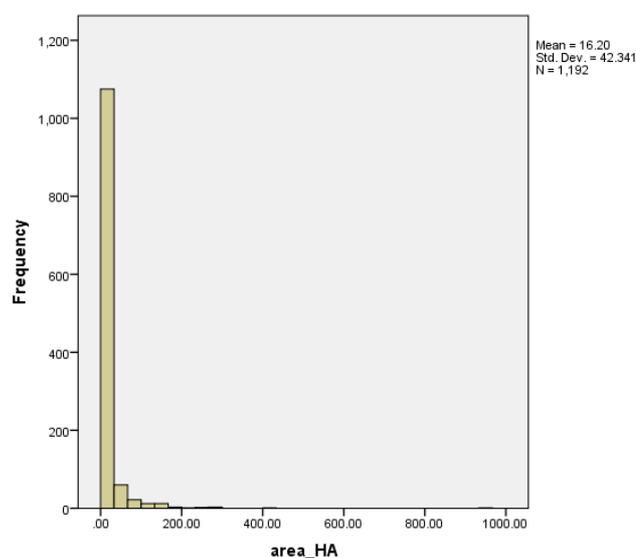


Figura A.2.1. Estadísticas descriptivas del universo muestral

Tabla A.2.1. Estadísticas descriptivas del universo muestral

²¹ Para determinar este umbral se procesó la ESPAC 2014 para obtener el tamaño mediano de las unidades productivas agrícolas que siembran cacao en el área de Guayas y Los Ríos.

	Media		Desviación Estándar
	Estadístico	Desviación Estándar	Estadístico
Profundidad	2.61	.024	.844
Textura	3.04	.033	1.145
Drenaje	3.09	.035	1.214
Fertilidad	3.46	.017	.597
Precipitación	3.71	.016	.542
pH	3.75	.016	.564
Materia Orgánica	3.88	.009	.327
Pendiente*	3.93	.008	.263
Toxicidad*	3.99	.003	.096
Pedregosidad*	4.00	0.000	0.000
Salinidad*	4.00	0.000	0.000
Temperatura Ambiental*	4.00	0.000	0.000
Altitud*	4.00	0.000	0.000

Como se puede observar, la población de estudio es bastante asimétrica en función del tamaño de cada una de las unidades muestrales. Sin embargo, debido a la escala a la que se tiene la información y a la resolución a la que se clasifica la aptitud de los suelos para el cacao, la zona de estudio puede ser clasificada como “óptima” para la siembra de cacao en 6 de los 13 parámetros considerados, ya que estos muestran desviaciones mínimas o nulas (estos son denotados con asteriscos en la tabla anterior).

Para mejorar la eficiencia del muestreo a realizar, se decidió primero estratificar los tipos de suelo según su aptitud para la siembra de cacao en función de los parámetros biofísicos disponibles. Es importante destacar que, debido a la poca variabilidad mostrada, fueron excluidos del análisis los 6 parámetros mencionados anteriormente. Los estratos considerados son estimados por el algoritmo de TWO-STEP CLUSTER. Este permite la determinación de conglomerados con base a variables cualitativas, mediante el uso de distancias basadas en la estimación de su función conjunta de verosimilitud. Para ello, el algoritmo asume que estas variables obedecen a una distribución multinomial. Es importante destacar que, para esta estimación, se asume independencia entre las variables para la estimación de la verosimilitud conjunta. Otra ventaja de este método, es que permite

la estimación automática del numero óptimo de conglomerados mediante el uso de criterios de información. Es así que, para la definición de los estratos se utilizaron las siguientes variables: textura, profundidad, drenaje, pH, materia orgánica, fertilidad y precipitación.

Los resultados de la aplicación del método descrito se resumen a continuación:

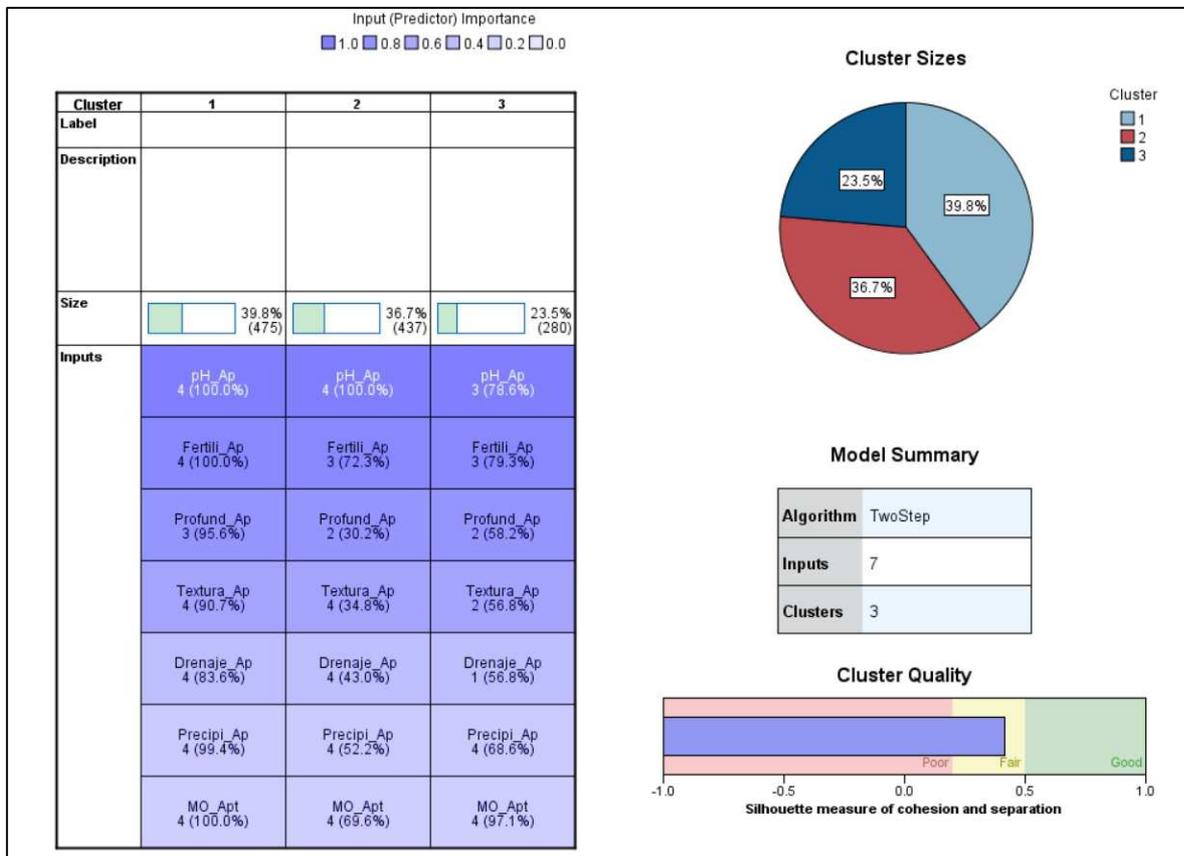


Figura A.2.2. Resultados de conglomerados de condiciones de aptitud de unidades muestrales

Se puede observar que se obtienen tres perfiles distintivos con una medida de cohesión y separación aceptable. Además, se observa la importancia relativa para cada una de las variables utilizadas en la estimación de los perfiles. En este caso, el nivel de pH, la fertilidad y la profundidad del suelo son los factores más importantes en la conformación de estos estratos.

De allí, el perfil 1 define a los tipos de suelo más favorables para la siembra de cacao y representan un 39.8% de los tipos de suelo. Se observa que un 100% de estos polígonos tienen un nivel óptimo de pH, fertilidad y materia orgánica. Así mismo, más del 80% de estos suelos tienen una textura y drenaje óptimo. Solo se observa mayoritariamente un regular en la profundidad de los suelos, siendo igual superior de lo observado en los otros estratos. Por otra parte, el perfil 2, que representa un 36.7%,

denota un tipo de suelo mediano donde igualmente se observan mayoritariamente suelos óptimos en pH, textura, drenaje, precipitación y materia orgánica. Sin embargo, con la excepción del pH, en todos los casos mencionados estas mayorías son conformadas por menos del 80% de las unidades muestrales, siendo en algunos casos incluso menor al 50%. Además, estos suelos muestran una fertilidad regular y una profundidad marginal para la siembra de cacao.

Por último, el perfil 3 agrupa a los peores tipos de suelo observados para la siembra de cacao y representan un 23.5% de los tipos de suelo. Estos solo son mayoritariamente óptimos en precipitación y materia orgánica, regulares en pH y fertilidad, marginales en profundidad y textura y no aptos en términos de su capacidad de drenaje.

Determinación del tamaño muestral

Debido a que las variables disponibles para la clasificación de los suelos son de tipo ordinal, no es adecuado utilizar criterios de varianza para determinar el tamaño y distribución óptimos de la muestra. Sin embargo, los estratos fueron construidos maximizando las distancias relativas entre los estratos, por lo que se puede esperar un adecuado incremento de la eficiencia de la muestra utilizando la distribución muestral ya obtenida. Más aun, se estableció un tamaño de muestra de mínimo 500 observaciones principalmente debido a restricciones presupuestarias. Una medida del error de diseño referencial es obtenida mediante la resolución, mediante métodos numéricos, de la fórmula presentada a continuación para la determinación del tamaño total de la muestra $n = 300$ en un esquema de muestreo estratificado aleatorio.

$$n = \frac{L \sum_{h=1}^L W_h^2 S_h^2}{\varepsilon^2 + \sum_{h=1}^L \frac{W_h^2 S_h^2}{N_h}}$$

Dónde:

L : Numero de estratos en los que se divide la población (en este caso, como fue mencionado, $L = 3$)

W_h : Es la proporción de habitantes que el estrato h representa del total de la población N . Es calculado mediante el ratio N_h/N .

S_h^2 : Estimación de la varianza calculada para cada estrato. Como en este caso no se tiene una medida de la varianza de la variable de diseño, se procede a asumir el criterio máximo de varianza para una proporción (el mismo que se obtiene cuando esta tiene un valor medio de 50%).

De aquí se obtiene un error de diseño referencial de 8.2%. Es importante destacar que, como no se tiene una medida de varianza dentro de los diferentes estratos, se asume la máxima varianza en cada uno de ellos (lo que implica que el diseño de los estratos no trae consigo un incremento de eficiencia). Sin embargo, dado que estos fueron diseñados asegurando la distancia máxima entre los grupos, se puede esperar una reducción de la varianza dentro de cada estrato, por lo que la medida referencial del error de diseño es una asíntota superior del mismo.

La distribución de la muestra escogida para los diferentes estratos mantiene las proporciones determinadas por el método de TWO-STEP CLUSTER descrito anteriormente.

Selección de los polígonos a ser muestreados

Para la selección de los polígonos a ser muestreados, se utilizó el método estratificado aleatorio. Este garantiza una selección aleatoria de polígonos a ser muestreados, respetando el esquema de estratificación ingresado como parámetro (según determinado en la sección anterior). Una ventaja de este método es que también permite que la muestra seleccionada cubra algún criterio de distancia mínima entre las unidades muestreadas. En este caso, se optó por una distancia mínima mayor a 3 km, lo que incrementa la variabilidad esperada entre los tipos de suelo a ser muestreados.

ANEXO 3: Metodología e la recolección y análisis de muestras de suelo, agua y planta, y preparación de base de datos biofísica.

Anexo 3: Metodología e la recolección y análisis de muestras de suelo, agua y planta, y preparación de base de datos biofísica.

Muestreo de suelos, tejido vegetal y agua.

Para el muestreo de los suelos se empleó la metodología de muestreo compuesto. Esta metodología consiste en extraer varias sub-muestras en diferentes sitios y combinarlas de tal forma que la muestra final represente el sitio muestreado. Para este fin, se utilizó un barrenador holandés de acero inoxidable con un diámetro de 3-1/4". En cada sitio se tomaron entre tres a cuatro sub-muestras de los primeros 20 cm (aproximadamente) del suelo. Estas sub-muestras fueron homogenizadas en una funda Ziploc, etiquetada y llevada al laboratorio para su posterior tratamiento. Las muestras de plantas consistieron principalmente de hojas de cacao, las hojas muestreadas estuvieron adyacentes a los puntos donde se obtuvieron las sub-muestras de suelo. Las hojas recolectadas en las fincas fueron las hojas medias de ramas maduras (quinta y/o sexta hoja contada desde el ápice). Se consideraron como ramas maduras a las más leñosas para diferenciarlas de los "chupones". En total, se tomaron alrededor de 20 a 30 hojas por finca. Adicional a las muestras de suelos y hojas, en las fincas donde existía sistema de riego, se tomaron muestras de la fuente de agua. Como es de conocimiento general, la producción de cacao se lleva a cabo en pequeños predios que en su mayoría carecen de sistema de riego, por lo que, el número de muestras de agua fue mucho menor (68 muestras) que las de suelos y hojas. Las muestras de agua se recolectaron en botellas de plástico desechables de 500 ml de volumen. Todas las muestras se etiquetaron y almacenaron en una hielera para protegerla del calor. Las muestras fueron transportadas hasta los laboratorios de la Facultad de Ciencias de la Vida (FCV) para su pre-tratamiento y posterior análisis. La figura 1 muestra la recolección y etiquetado de muestras en campo.

Pre-tratamiento y análisis de muestras de suelo, tejido vegetal y agua.

El pre-tratamiento de las muestras de suelo consistió en secar al aire las muestras por tres días, luego de este tiempo se procedió a remover los restos de raíces y otros materiales gruesos como gravas y piedras. Luego de esto, las muestras pasaron por un tamiz de 2 mm y fueron trasladadas al laboratorio para su análisis respectivo (Figura 2). En las muestras de suelo se analizaron (i) propiedades físico-químicas, (ii) parámetro de fertilidad, y, (iii) contaminantes inorgánicos como cadmio (Cd) y plomo (Pb).

El pre-tratamiento de las muestras de hojas consistió en sumergir las hojas en una solución de 0.01 M EDTA-Na por 30 minutos, luego de este tiempo se enjuagaron con abundante agua para remover cualquier partícula adherida a la superficie. Las muestras de hojas fueron pulverizadas en un triturador de motor y luego etiquetadas y trasladadas hasta el laboratorio de análisis químico. A las muestras de agua no se realizó ningún pre-tratamiento y se las traslado directamente al laboratorio.



FIGURA A.3.1 RECOLECCIÓN DE UNA SUB-MUESTRA DE SUELO (A) Y MEZCLA DE LAS SUB-MUESTRAS Y ETIQUETADO DE MUESTRAS (B).

Las propiedades físico-químicas que se determinaron en suelo fueron: el pH, materia orgánica, textura y humedad. El pH se determinó con un pH-metro el cual fue previamente calibrado de acuerdo a indicaciones del fabricante. La dilución suelo:H₂O_{deionizada} que se empleó fue de 2:1 y el tiempo de agitación fue de aproximadamente 10 min. La materia orgánica de suelos (MO) se midió mediante el método de pérdida por ignición. Este método se basa en la diferencia de peso de muestra seca y carbonizada. La muestra de suelo seca es carbonizada a 500 °C de temperatura por seis horas en una mufla. La muestra es pesada antes y después de la carbonización y se aplica la siguiente ecuación donde se tiene el contenido de MO en porcentaje:

$$\%MO = \frac{\text{Peso seco} - \text{Peso carbonizado}}{\text{Peso seco}} \times 100$$

La textura de suelo se la determinó mediante el método del hidrómetro, se pesó 10 g de suelo y se lo colocó en una probeta de con 100 ml de la solución dispersante hexametáfosfato de sodio (NaPO₃)₆ al 5%, esta mezcla fue agitada a 180 rpm por 16 h. El porcentaje de arena fue medido a los 40 seg después de la agitación mientras que el porcentaje de arcilla fue medido a las 6 h y 44 min. El porcentaje de limo fue calculado mediante la diferencia aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ limo} = 100 - \% \text{ arena} - \% \text{ arcilla.}$$

Para la determinación de humedad de suelo se pesó 5 g de muestra pre-tratada (seca en al aire), y se la colocó en crisoles. Estas muestras fueron expuestas a 105 (± 5) °C por tres días (o hasta alcanzar un peso constante). El cálculo de humedad se la realizó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso seco(aire)} - \text{peso(105oC)}}{\text{peso seco (aire)}} \times 100$$

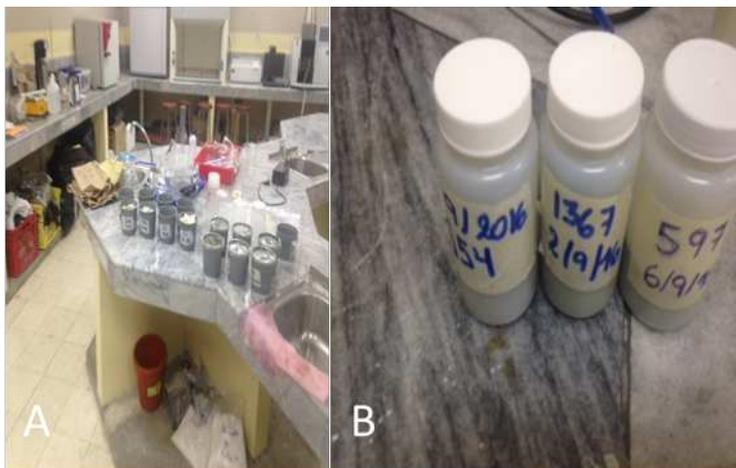


FIGURA A.3.2 ANÁLISIS DE ALMENDRAS DE CACAO COLECTADAS DE FINCAS DE LA ZONA DE ESTUDIO (A). MUESTRAS DE AGUA COLECTADAS EN CAMPO LISTAS PARA EL ANÁLISIS DE LABORATORIO (B).

Los parámetros de fertilidad de suelos que se evaluaron en este estudio fueron: nitrógeno (N) y fósforo (P) disponibles, ambos parámetros se evaluaron utilizando métodos de extracción simple. El nitrógeno se extrajo mediante el método AOAC-10072 que contabiliza el N en forma de nitrato (N-NO₃). El fósforo se extrajo mediante el método AOAC-10127, que utiliza los ácidos empleados en la metodología Mehlich I. Este fósforo se lo conoce como P-extraíble (por M1).

Para observar el nivel de contaminación de los sitios muestreados se determinaron las concentraciones de Cd y Pb. Una vez tamizados, los suelos fueron digeridas con doble ácido (HCl/HNO₃) en un horno de microondas. Luego de la digestión, se diluyo el sobrenadante con H₂O_{deionizada} hasta alcanzar un volumen de 10 ml. Las muestras de hojas, previamente pulverizadas, fueron digeridas en la misma solución acida que los suelos, así también se utilizó un microondas para realizar la digestión. Se adicionó H₂O_{deionizada} hasta alcanzar un volumen de 10 ml. Los sobrenadantes de ambas digestiones se analizaron mediante un Espectrofotómetro de Absorción Atómica con Horno de Grafito (GF-AAS por sus siglas en inglés) (Perkin Elmer, Massachusetts, Estados Unidos).

Para categorizar el nivel de contaminación de los suelos muestreados se utilizó el índice de geo-acumulación (I_{geo}), tanto para Cd como para Pb. Para calcular el I_{geo} se utilizó la siguiente formula:

$$I_{geo} = \log_2 \left(\frac{C_n}{1.5B_n} \right)$$

Donde C_n representa al valor reportado por el laboratorio para cada muestra y B_n el valor referencial reportado como “normal” en suelos. Para establecer el B_n se recomienda tener valores referenciales de cada país, desafortunadamente el Ecuador no cuenta con esta información por lo que se utilizaron valores referenciales (reportados en la literatura) de 1.1 para Cd y 10 mg kg⁻¹ para Pb. El I_{geo} permite categorizar los niveles de contaminación de cada sitio considerando un valor teórico de base. Las categorías generadas aplicando la fórmula del índice pueden ser observadas en la tabla 1.

TABLA A.3.2. CATEGORÍAS DE CONTAMINACIÓN DE ACUERDO AL CRITERIO DE ÍNDICE DE GEO-ACUMULACIÓN (IGEO) EN LOS SITIOS MUESTREADOS

Valor de Igeo	Categoría
< 0	No contaminado
0 – 0.1	Levemente contaminado
0.1 - 3	Moderadamente contaminado
3.1 - 5	Muy contaminado
> 5	Extremadamente contaminado

Anexo 4: Descripción de las variables que definen la aptitud agroecológica para el cultivo de cacao.

Anexo 4: Descripción de las variables que definen la aptitud agroecológica para el cultivo de cacao.

Pendiente: La pendiente es un factor que incide directamente en el potencial de un suelo/zona al desarrollo agrícola, de acuerdo a la pendiente del terreno se adoptan diferentes técnicas orientadas a minimizar el potencial de erosión. Por lo tanto, la pendiente se define como la relación entre el desnivel que se debe superar y la distancia que se debe recorrer y se expresa en porcentajes o grados sexagesimal (ver tabla A.4.1).

Tabla A.4.1. Clases de pendiente

Clase	Rango (%)	Características
1	0 – 5	Plano a casi plano
2	5 – 12	Suave
3	12 – 25	Moderada
4	25 – 50	Fuerte
5	50 – 70	Muy Fuerte
6	> 70	Abrupta

(MAG-PRONAREG-ORSTOM, 1984).

Textura: Es la proporción de las partículas del suelo (arena, limo y arcilla) las cuales se diferencian por su tamaño y propiedades químicas. Por el tamaño de las partículas, éstas se clasifican en: arena (2,0 a 0,05 mm), limo (0,05 a 0,002 mm), y arcilla (< 0,002 mm) (MAGAP, 2012). Por otro lado, las clases texturales se determinan a través del triángulo de textura, de acuerdo a las posibles combinaciones de arena-arcilla, arcilla-limo y limo-arena (USDA, n.d.). En este sentido, la textura nos permite explicar fenómenos complejos como aireación, movimiento de agua y solutos, entre otros, que influyen en la producción (ver tabla A.4.2).

Tabla A.4.2. Clases de textura

Clase	Categoría	Clase textural
1	Gruesa	arenosa , arenoso franco
2	Moderadamente gruesa	franco arenoso, franco limoso
3	Media	franco, limoso, franco arcilloso (< 35% de arcilla), franco arcillo arenoso, franco arcillo limoso
4	Fina	franco arcilloso (> a 35%), arcilloso, arcillo arenoso, arcillo limoso
5	Muy fina	arcilloso (> 60%)

(MAG-PRONAREG-ORSTOM, 1984).

Profundidad efectiva: Se refiere a la profundidad del suelo en el cual se pueden desarrollar las raíces, obtener el suministro de agua requerido y los nutrientes para el desarrollo de las plantas (Hudson, 1982). La profundidad efectiva del suelo se mide en centímetros de profundidad y su límite inferior está dado por los horizontes compactos, cantidad de grava, piedra o roca, presencia del nivel freático, concentraciones de elementos tóxicos en el suelo, entre otros, los cuales limitan el normal desarrollo de las raíces (MAGAP, 2012). Ver tabla A.4.3.

Tabla A.4.3 Clases de profundidad

Clase	Rango (cm)	Categoría
1	0 – 20	Superficial
2	21 – 50	Poco profundo
3	51 – 100	Moderadamente profundo
4	>100	Profundo

(MAG-PRONAREG-ORSTOM, 1984).

Pedregosidad: Se define como la cantidad de piedras que se encuentran dentro o sobre el suelo, y se clasifican de acuerdo al porcentaje de presencia en el suelo. En este sentido, el porcentaje de pedregosidad influye en el desarrollo de las labores agrícolas, como por ejemplo el laboreo con maquinaria agrícola. Asimismo, la clase condiciona el tipo de cobertura vegetal que se puede desarrollar en el suelo. Ver tabla A.4.4.

Tabla A.4.4. Clases de pedregosidad

Clases	Rango (%)	Categoría
1	0	Ninguno
2	0 a 5	Muy pocas
3	5 a 15	Pocas
4	15 a 40	Frecuentes
5	40 a 80	Abundantes
6	> 80	Dominantes

(FAO, 2009)

Drenaje: Es la capacidad de percolación del agua dada las condiciones físicas del suelo, lo que promueve una aeración adecuada en el suelo necesario para el crecimiento radicular de las plantas y el acceso a los nutrientes. El drenaje depende de la textura del suelo, porosidad y compactación. El drenaje puede ser categorizado como bueno, moderado, mal drenado (como en el caso de los suelos arcillosos) y excesivo (como en el caso de los suelos arenosos).

Acidez de suelo: La acidez en los suelos se obtiene midiendo la actividad de hidrógeno (H^+) en la solución de suelo y se expresa como el potencial de hidrogeno (pH) en una escala de 1 al 14, donde los valores menores a 6.9 es pH ácido, 7 pH neutro y mayores a 7.1 es pH alcalino. Los valores de pH proporcionan información relacionada a las propiedades ácidas o alcalinas y condiciones de toxicidad de elementos que regulan la solubilidad de los nutrientes en el suelo. Ver tabla A.4.5.

Tabla A.4.5 Clases de pH

Clase	pH	Categoría
1	< 4,5	Muy ácido
2	4,5 – 5,5	ácido
3	5,5 – 6,5	Ligeramente ácido
4	6,5 – 7,5	Neutro
5	7,5 – 8,5	Moderadamente alcalino
6	> 8,5	Alcalino

(MAG-PRONAREG-ORSTOM, 1984)

Toxicidad: La toxicidad es una de las condiciones edáficas con mayor relevancia para determinar la calidad y aptitud de los suelos para la agricultura. Conceptualmente, la toxicidad de un suelo depende del nivel del contaminante y del tipo de suelo que se analice. Los contaminantes pueden categorizarse

en dos grandes grupos: orgánicos (pesticidas, herbicidas, residuos petroleros), e inorgánicos (metales pesados). La toxicidad debe de relacionarse con el daño que el contaminante puede causar a la biota que sobrevive en ese ecosistema.

Materia orgánica (M.O.): La materia orgánica es parte fundamental de los suelos, a más de proveer nutrientes a las plantas, regula la erosión en el suelo y aumenta la retención de humedad y cationes. En contenido de materia orgánica se expresa como porcentaje en base al peso del suelo (Ver tabla A.4.6).

Tabla A.4.6 Clases de materia orgánica

Clase	Categoría	M.O (%)
1	Alta	>2
2	Media	1 - 2
3	Baja	<1

Salinidad: La salinidad es el contenido de sales minerales disueltas en el suelo, esta variable se estima midiendo la conductividad eléctrica (CE) generalmente en unidades de deciSiemens por metro (dS/m). Es importante indicar que el área de estudio en su mayor parte no presenta salinidad o salinidad ligera lo que crea un ambiente óptimo para el desarrollo del cultivo.

Contenido de nutrientes: Estado del suelo con respecto a la cantidad y disponibilidad de elementos (nutrientes) necesarios para el crecimiento de las plantas (CLIRSEN-MAGAP, 2012). El contenido de nutrientes viene dado por niveles que van del muy baja a alta.