



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

DIVISIÓN DE EDUCACIÓN

PROGRAMA DE POSGRADO

Impacto socioeconómico de una entrada potencial de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) a República Dominicana

Tesis sometida a consideración de la División de Educación y el Programa de Posgrado como requisito para optar al grado de

MAGISTER SCIENTIAE

en Economía, Desarrollo y Cambio Climático

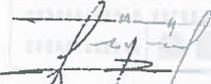
Enelvi Brito Sosa

Turrialba, Costa Rica
Septiembre 2021

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante, como requisito parcial para optar por el grado de

**MAGISTER SCIENTIAE EN ECONOMÍA, DESARROLLO Y
CAMBIO CLIMÁTICO**

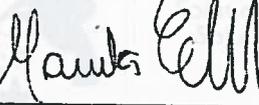
FIRMANTES:



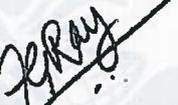
Luis Orozco Aguilar, Ph.D.
Codirector de tesis



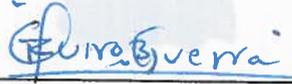
Felipe Peguero Pérez, Ph.D.
Codirector de tesis



Mariela Leandro Muñoz, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Falguny Guharay, Ph.D.
Miembro Comité Consejero



Roberto Quiroz Guerra, Ph.D.
Decano, Escuela de Posgrado



Enelvi Brito Sosa
Candidato

Dedicatoria

A DIOS, por ser luz y guía de todos los caminos que emprendemos y, sobre todo, por darme la fortaleza de culminar la maestría en Economía, Desarrollo y Cambio Climático de manera exitosa.

A mi madre, Paulina Sosa Ferrer: por enseñarme que los compromisos que se asumen con perseverancia y responsabilidad proporcionan resultados satisfactorios y útiles.

A mis hermanos, Disulelda Brito y Marco Antonio Peralta, por ser fuentes de inspiración y confianza en mi trayecto de vida.

A mi hija, Dionne Marie Brito, por convertirse en mi sostén y fuente de inspiración para seguir hacia adelante.

A mi esposa, Dionicia Abreu, quien siempre me brindó apoyo incondicional para que mis estudios finalizaran de forma correcta.

A mi amiga, Damaris Alcántara, por mostrarme su mano amiga durante todo el proceso de trabajo de fin de grado.

A mis compañeros de la maestría en Economía, Desarrollo y Cambio Climático, Por mostrarme que somos una familia y que nada es imposible cuando se trabaja en equipo.

A los profesores del CATIE, por ser forjadores de conocimientos a lo largo de mi preparación académica.

A los asesores de mi investigación, Luis Orozco, Felipe Peguero, Mariela Eugenia Leandro Muñoz y Falguni Guharay, ejemplos de personas honorables y trabajadoras que aportaron sus conocimientos para que los objetivos planteados se alcanzaran de manera positiva.

Agradecimiento

Ante todo, agradezco a DIOS, quien permite que las cosas puedan suceder y me da la fuerza y sabiduría para lograr mis metas. Él ha permitido concluir este trabajo con resultados útiles para la República Dominicana.

Agradezco a mi madre por inculcarme valores que fueron herramientas fundamentales para crear un ambiente de trabajo armónico en el transcurso del levantamiento, procesamiento y redacción de los resultados de la investigación.

Una investigación es fruto de ideas y conocimientos puesta en ejecución, por lo tanto, agradezco muy especialmente a mis asesores, quienes estuvieron a tiempo completo orientándome paso a paso en la realización de la investigación. Gracias por ser no solamente asesores, sino también amigos.

Agradezco a los profesores, quienes me brindaron sus conocimientos durante la trayectoria de la maestría.

Gracias al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), que me acogió como parte de su familia y me inculcó valores y conocimientos que estarán al servicio de los demás.

En la realización de este trabajo también recibí apoyo incondicional de otras personas, así que agradezco al Sr. Reynaldo Ferreiras, Fernando Brito, Basilio Brito y a los técnicos del Departamento de cacao y de las casas comercializadoras de cacao, quienes colaboraron desde el inicio hasta el final en el levantamiento de información; también a todos aquellos que hicieron posible cumplir con los objetivos de este trabajo: Departamento del cacao, Comisión Nacional del Cacao y los productores de cacao de las principales regionales, quienes colaboraron amena y amablemente en el suministro de la información solicitada; gracias por su solidaridad, comprensión y paciencia.

Contenido

Resumen.....	XII
Abstract.....	XIV
1. Introducción.....	1
1.1. Objetivo general.....	3
1.2. Objetivos específicos.....	3
2. Revisión de literatura.....	4
2.1. La moniliasis: características, síntomas y signos.....	5
2.2. Daños causados por la moniliasis en diferentes países.....	6
2.3. Factores que explican la agresividad de la moniliasis.....	8
2.4. Acciones para el manejo y control de una eventual llegada de la moniliasis a República Dominicana.....	9
2.5. Índice de vulnerabilidad.....	10
2.5.1. Evaluación participativa de la vulnerabilidad.....	10
2.5.2. Índice de vulnerabilidad social.....	11
2.5.3. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático.....	11
2.5.4. Selección de grado de vulnerabilidad por regional.....	12
2.6. Modelación epidemiológica de la moniliasis.....	12
2.7. Estimación de pérdidas causadas por moniliasis.....	13
2.8. Manejo fitosanitario y químico de la moniliasis.....	14
3. Metodología.....	15
3.1. Metodología para determinar factores que favorecerían la moniliasis en República Dominicana.....	16
3.2. Metodología para modelar epidemiológicamente la moniliasis en República Dominicana.....	23
3.2.1. Submodelo de mazorca.....	23
3.2.2. Submodelo epidemiológico.....	24
3.3. Metodología para estimar el impacto socioeconómico de la moniliasis a nivel nacional.....	29
3.3.1. Proyección de la línea base:.....	29
3.3.2. Proyección del escenario moniliasis.....	32
4. Resultados.....	35

4.1.	Factores críticos que favorecen el establecimiento y dispersión de la moniliasis	35
4.2.	Índice de vulnerabilidad de las regionales frente a la moniliasis	43
4.3.	Modelo epidemiológico adaptado a República Dominicana.....	45
4.4.	Impacto socioeconómico de la moniliasis en República Dominicana	49
4.4.1.	Proyección de la situación actual sin moniliasis	49
4.4.2.	Escenario con monilia – proyección epidemiológica.....	51
4.4.3.	Escenario con moniliasis - proyección indicadores socioeconómicos	59
4.4.4.	Escenario moniliasis - proyección de pérdidas socioeconómicas	59
5.	Discusión de los resultados.....	62
6.	Conclusiones.....	65
7.	Recomendaciones	66
8.	Bibliografía.....	67
9.	Anexos.....	75

Índice de cuadro

Cuadro 1. Características generales de la República Dominicana y del sector cacao	4
Cuadro 2. Pérdidas causadas por enfermedades importantes en el cultivo de cacao a nivel global	5
Cuadro 3. Año y punto de entrada de la moniliasis por país en Mesoamérica	7
Cuadro 4. Categoría del nivel de adopción de tecnología	12
Cuadro 5. Mesas de consulta participativa con técnicos y personal clave del sector por regional	16
Cuadro 6. Grado de vulnerabilidad del establecimiento, dispersión y manejo de la moniliasis en plantaciones de cacao, República Dominicana	18
Cuadro 7. Descripción de las métricas usadas para elaborar el índice de vulnerabilidad de la moniliasis en plantaciones de cacao, República Dominicana.....	19
Cuadro 8. Parámetros de la ecuación Gomperz usada por Leach et al. 2001 en Costa Rica.....	26
Cuadro 9. Susceptibilidad y compatibilidad de los clones de cacao presentes en República Dominicana frente a <i>Moniliophthora roreri</i>	39
Cuadro 10. Registro histórico mensual de variables climáticas para el periodo 1989-2019 en las regionales de cacao, República Dominicana	41
Cuadro 11. Superficie de cacao y productividad (moda, máxima y mínima) por regional, República Dominicana	42
Cuadro 12. Índice de vulnerabilidad frente al entorno de plantaciones de cacao según regionales, República Dominicana.....	43
Cuadro 13. Índice de vulnerabilidad por manejo de finca cacaotera según regional, República Dominicana	44
Cuadro 14. Índice de vulnerabilidad de las plantaciones cacaoteras debido a la susceptibilidad del germoplasma según regional, República Dominicana.....	44
Cuadro 15. Índice de vulnerabilidad por punto de entradas posibles de la moniliasis por regional, República Dominicana.....	44
Cuadro 16. Índice de vulnerabilidad de plantaciones de cacao por clima favorable a la moniliasis según regional, República Dominicana	45
Cuadro 17. Índice global de vulnerabilidad de las regionales productoras de cacao a la moniliasis según regionales, República Dominicana	45
Cuadro 18. Productividad mensual de cacao en kg/ha por regional, República Dominicana	46
Cuadro 19. Patrón de floración mensual de plantaciones de cacao (%) por regional, República Dominicana	47
Cuadro 20. Productividad de mazorcas de cacao (kg/ha) por regional, proyectada a 10 años, República Dominicana.....	47
Cuadro 21. Patrón de crecimiento de mazorcas de cacao proyectada a partir del patrón de floración, República Dominicana.....	48
Cuadro 22. Proyección de indicadores de la industria de cacao bajo el escenario sin moniliasis, República Dominicana.....	50
Cuadro 23. Proyección del aporte del sector cacao a la economía nacional, República Dominicana	51

Cuadro 24. Parámetros para proyectar el efecto de la moniliasis en la productividad relativa de fincas cacaoteras, República Dominicana.....	53
Cuadro 25. Parámetros para proyectar la propagación de la moniliasis en República Dominicana	54
Cuadro 26. Producción relativa nacional antes y después de la entrada de la moniliasis en 12 países de América Latina.....	58
Cuadro 27. Proyección de indicadores de la industria de cacao bajo el escenario con moniliasis, República Dominicana.....	59
Cuadro 28. Proyección de impactos económicos bajo los escenarios optimista, medio y pesimista de la actividad cacaotera en República Dominicana.....	60

Índice de figura

Figura 1. Distribución en el tiempo de la moniliasis en Mesoamérica.....	7
Figura 2. Mapa de zonas cacaoteras en República Dominicana.....	15
Figura 3. Municipios productores de cacao por regional donde se midieron variables climáticas, República Dominicana.....	17
Figura 4. Probabilidad de infección de mazorcas de cacao sanas en función de mazorcas esporulando.....	26
Figura 5. Curva de infectividad de la moniliasis en función de la edad de la mazorca de cacao .	27
Figura 6. Productividad mensual (kg/ha) de mazorcas de cacao por regional, República Dominicana.....	42
Figura 7. Proyección de infectividad por moniliasis en finca cacaotera en el tiempo, República Dominicana.....	49
Figura 8. Productividad relativa de fincas de cacao bajo escenarios medio, pesimista y optimista de moniliasis, República Dominicana.....	52
Figura 9. Escenarios posibles de la propagación de la moniliasis en República Dominicana.....	54
Figura 10. Índice de la severidad de la moniliasis en la productividad cacaotera de República Dominicana.....	55
Figura 11. Dinámica de dispersión de la moniliasis a nivel finca y país y su efecto en el índice de severidad.....	56
Figura 12. Producción relativa nacional promedio antes y después de la moniliasis, República Dominicana.....	57
Figura 13. Valor presente neto de las pérdidas generadas por escenario debido a la entrada de la moniliasis a República Dominicana.....	61

Índice de Anexos

Anexo 1. Periodicidad de la cosecha de cacao por regional, República Dominicana	75
Anexo 2. Frecuencia de la asistencia técnica recibida por los productores de cacao según regional, República Dominicana.....	75
Anexo 3. Nivel de asociatividad de los productores de cacao según regional, República Dominicana	76
Anexo 4. Edad de los productores de cacao según regional, República Dominicana	76
Anexo 5. Tenencia de la tierra de los productores de cacao según regional, República Dominicana	77
Anexo 6. Acceso a crédito o financiamiento de los productores de cacao según regional, República Dominicana.....	77
Anexo 7. Nivel de tecnificación en las fincas de los productores de cacao según regional, República Dominicana.....	78
Anexo 8. Labores de podas realizadas por los productores de cacao según regional, República Dominicana.....	78
Anexo 9. Fertilización de las plantaciones de cacao según regional, República Dominicana	79
Anexo 10. Programa de fertilización en zonas productoras de cacao según regionales, República Dominicana.....	79
Anexo 11. Temas de asistencia técnica más demandados por los productores de cacao según regional, República Dominicana.....	79
Anexo 12. Edad de las plantaciones de cacao según regional, República Dominicana	80
Anexo 13. Tamaño de las fincas productoras de cacao según regional, República Dominicana .	80
Anexo 14. Conocimiento de los productores de cacao para manejar enfermedades fungosas según regional, República Dominicana.....	81
Anexo 15. Suelos predominantes según textura en las fincas productoras de cacao por regional, República Dominicana.....	81
Anexo 16. Superficie de las plantaciones de cacao que requiere rehabilitación o renovación según regional, República Dominicana.....	82
Anexo 17. Existencia de aeropuertos, puertos y puestos fronterizos en las regionales productoras de cacao, República Dominicana.....	82
Anexo 18. Eficiencia de cosecha en las fincas productoras de cacao según regional, República Dominicana.....	83
Anexo 19. Instrumento de recolección de información	84
Anexo 20. Matriz de índice de vulnerabilidad.....	93

Acrónimos y siglas

BCRD	Banco Central de la República Dominicana
Bagrícola	Banco Agrícola, República Dominicana
CONACADO	Confederación Nacional de Cacaocultores Dominicanos
CNC	Comisión Nacional del Cacao, República Dominicana
DR Cocoa Foundation	Fundación del Cacao República Dominicana
ICCO	Organización Mundial del Cacao
IDIAF	Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
MEPyD	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, República Dominicana
MA	Ministerio de Agricultura, República Dominicana
MEPyD	Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo, República Dominicana
PAC	Plan de Acción Cacaotera
PIB	Producto interno bruto
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
RD	República Dominicana
SAM	Matriz de contabilidad social
TM	Tonelada métrica

Resumen

En República Dominicana (RD) se cultivan alrededor de 171 875 ha de cacao, distribuidas en siete regionales: Nordeste, Este, Central, Norte y la Norcentral, Sur y Noroeste. El cultivo de cacao en el país está en manos de 42 751 productores y sus familias (Medina *et al.* 2021) y genera alrededor de 350 000 empleos de forma directa e indirecta (Deheuvels 2015). El cacao es el tercer cultivo más importante de exportación de República Dominicana y representa el 2% del PIB agropecuario (Soraya 2015); durante el año cacaotero 2019-2020, el país exportó 70 095,25 toneladas métricas del grano, aportando US\$202 109 702,01 a la economía nacional (CNC 2020). El cacao dominicano es mundialmente reconocido por sus características organolépticas (sabor, color y aroma exquisito). En la actualidad, el país es uno de los líderes mundiales en la exportación y producción de cacao orgánico, aportando el 60% del cacao orgánico consumido en el mundo (MA 2019).

La moniliasis del cacao es la enfermedad más devastadora de este cultivo por daño, persistencia y facilidad de dispersión; puede ocasionar pérdidas de hasta el 80% de la cosecha y ha sido la causa del abandono de muchos cacaotales en Centroamérica (Phillips Mora y Cerda 2009). Jamaica, es el primer país caribeño a donde llegó la enfermedad en el 2016, situación que coloca a Haití y a República Dominicana con un alto riesgo de infección por la cercanía de los países. En tal sentido, es de vital importancia entender el impacto socioeconómico potencial de una eventual llegada de la moniliasis al país, con miras a guiar la toma de decisiones.

En este estudio 1) se elaboró el índice de vulnerabilidad a la enfermedad que tienen las diferentes regionales productoras; 2) se modeló epidemiológicamente, bajo las condiciones de floración y producción de República Dominicana, la progresión de la enfermedad en una finca promedio; 3) se construyó un modelo determinístico para proyectar a 10 años la evolución de la producción nacional, la generación de empleo, los ingresos a nivel de finca, el valor agregado en la cadena de valor, la generación de divisas por concepto de exportación y la contribución del sector a la economía nacional; 4) para evaluar el impacto de la enfermedad, se desarrolló un modelo de severidad a nivel de finca, un modelo de dispersión a nivel nacional y, finalmente, se cuantificó el impacto de la enfermedad en la producción nacional y su consecuente impacto en los indicadores socioeconómicos.

Los principales resultados obtenidos fueron: 1) más de la mitad de los cacaotales (58%) de las cinco regionales estudiadas tienen edad avanzada, baja productividad y son vulnerables al ataque de plagas y enfermedades; 2) las regionales con el índice de vulnerabilidad más alto fueron la Norte y Este debido a condiciones de clima “favorable,” susceptibilidad del germoplasma cultivado y manejo deficiente de las fincas; 3) en ausencia de la moniliasis, la contribución anual del sector cacao a la economía podría pasar de US\$300 – 492 millones en los próximos 10 años; 4) el modelo epidemiológico en finca destaca que en ausencia de control fitosanitario, el 95% de las mazorcas se infectarían en un período de dos años; 4) el modelo de dispersión y severidad nacional indica que, bajo un escenario pesimista, la enfermedad podría infectar el 80% de las plantaciones en menos de cuatro años, mientras que la producción nacional caería 77% al año seis;

5) los resultados socioeconómicos indican que en cuestión de 10 años, bajo un escenario pesimista, el país tendría pérdidas acumulada de 2,8 millones de empleos, US\$1006,9 millones a nivel de producción primera, US\$594,6 millones en valor agregado en la cadena de valor, y US\$1515 millones en divisas por concepto de exportación. De igual manera, bajo un escenario pesimista, el valor presente de las contribuciones del sector cacao a la economía bajaría de US\$2445 millones (equivalente al 3,07% de la economía nacional) a US\$1374 (equivalente a 1,73% del PIB). Por tanto, este estudio muestra la importancia de contar con un plan de contingencia y control operativizado en el país con los recursos económicos suficientes para evitar una pérdida potencial a la economía de 1,34% del PIB.

Palabras claves: Cacao, moniliasis, epidemiológico, impacto, vulnerabilidad y regionales.

Abstract

In the Dominican Republic (DR) about 171,875 ha of cocoa are cultivated, distributed in seven regions: Northeast, East, Central, North and North Central, South and Northwest. Cocoa production in the country is in the hands of 40,000 small producers and their families (Rizek 2016) and generate 350,000 indirect jobs (Deheuvelds 2015). Cocoa is the third most important export crop of export of DR and represents 2% of the agricultural GDP (Soraya 2015). During the cocoa year 2019-2020, the country exported more than 70 thousand metric tons of cocoa bean, contributing about US\$ 200 million to the national economy (CNC 2020). Cocoa from Dominican Republic is recognized worldwide for its organoleptic characteristics of exquisite flavor, color, and aroma. Currently the country is the leader in the export and production of organic cocoa worldwide, contributing 60% of that market (MA 2019).

Cacao moniliasis is the most devastating disease of cacao due to the damage level, persistence, and ease of spread; it can cause losses of up to 80% of the harvest and has been the cause of the abandonment of many cocoa plantations in Central America (Phillips Mora y Cerda 2009). Jamaica is the first Caribbean country where the disease arrived in 2016, a situation that places Haiti and the DR with a high risk of infection due to the proximity of the countries. In this sense, it is vitally important to understand the potential socio-economic impact of an eventual arrival of moniliasis in the country, with a view to guiding decision-making.

In this study 1) A vulnerability index to the disease for different producing regions was constructed; 2) the progression of the disease in an average farm was epidemiologically modeled under the conditions of flowering and production of DR; 3) a deterministic model was built to project in 10 years the evolution of national production, the generation of employment, income at the farm level, the value added in the value chain, the generation of foreign exchange, and the contribution of the sector to the national economy; 4) to evaluate the impact of the disease, a severity model was developed at the farm level, a dispersion model at the national level, and finally the impact of the disease on national production and its consequent impact on socioeconomic indicators were quantified.

The main results were: 1) more than half of the cocoa plantations (58%) of the five regions studied are of advanced age, with low productivity and vulnerable to attack by pests and diseases; 2) the regions with the highest vulnerability index were the North and East due to "favorable" climate conditions, susceptibility of cultivated germplasm and poor management of farms; 3) in the absence of moniliasis, the contribution of the cocoa sector to the economy could exceed US\$ 300 – 492 million in the next 10 years; 4) the epidemiological model on the farm highlights that in the absence of phytosanitary control in a period of two years 95% of the cobs can be infected; 4) the national model of dispersion and severity indicates that, under a pessimistic scenario, the disease could infect 80% of the plantations in less than four years, while the national production would fall 77% in the year six; 5) the socioeconomic results indicate that in a matter of 10 years, under a pessimistic scenario, the country would have accumulated losses of 2.8 million jobs, US\$ 1,006.9 million at the producer level, US\$ 594.6 million in value added across the value chain, and US\$

1,515 million for export. Similarly, under a pessimistic scenario, the present value of the cocoa sector's contributions to the economy would fall from US\$ 2,445 million (equivalent to 3.07% of the national economy) to US\$ 1,374 (equivalent to 1.73% of GDP). Therefore, this study shows the importance of having a contingency and control plan operationalized in the country with sufficient economic resources, since the benefits would outweigh the cost of doing nothing.

Keywords: Cocoa, moniliasis, modelling, epidemiological, impact, vulnerability and regional.

1. Introducción

El mercado mundial de cacao fino o de aroma, es un nicho de mercado en crecimiento y la República Dominicana está bien posicionada frente a sus competidores (Matlick *et al.* 2016). Las naciones comparables son Ecuador y Perú, ya que ambas son exportadoras netas de volúmenes significativos de cacao fino o de aroma. Sin embargo, ambos países enfrentan barreras en la producción que actualmente no existen en RD, incluidas la moniliasis (*Moniliophthora roreri*), la escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*), hongos que diezman la producción del cultivo, el mazorquero y las regulaciones sanitarias por metales pesados como el cadmio (CNC 2019).

El cacao es el tercer cultivo más importante de exportación de RD y representa el 2% del PIB agropecuario. En el año cacaotero 2019-2020, el país exportó 70 095,25 toneladas métricas del grano, aportando US\$202 109 702,01 a la economía nacional (CNC 2020). El cacao dominicano es mundialmente reconocido por sus características organolépticas (sabor, color y aroma exquisitos). En la actualidad, el país es líder mundial en la exportación de cacao orgánico a nivel mundial, aportando el 60% del consumo de ese mercado (MA 2019).

En República Dominicana se cultiva alrededor de 171 875 hectáreas (ha) de cacao, distribuidas en siete regionales: Nordeste, Este, Central, Norte, Norcentral, Sur y Noroeste. Las superficies, en términos porcentuales, corresponden a 61, 13, 12, 7, 5, 1,40 y 0,60 del total nacional, respectivamente (CNC 2019).

La producción de cacao en el país proviene de 35 000 fincas pertenecientes a 42 751 productores y sus familias (Rizek 2016), los cuales generan 350 000 empleos directos e indirectos (Deheuvels 2015). Para la mayoría de estas familias, esta actividad representa su única fuente de ingreso. El 70% de las fincas tiene un tamaño que varía entre 2-5 ha (Rizek 2016). Sin embargo, según Cuello *et al.* (2017) un 85% de las fincas tienen menos de 3 ha y solo el 3.2% de los productores tiene más de 20 ha. Esta última estadística es de suma relevancia ya que se requiere aproximadamente 20 ha para que una plantación de cacao sea rentable (Batista 2009).

La productividad media de los cacaotales de RD es relativamente baja (465,42 kg/ha) en comparación con la de Ecuador (620 kg/ha) y la de Perú (700 kg/ha). El Ministerio de Agricultura, a través del Departamento del Cacao, especifica que el rendimiento medio de los cacaotales del país se debe a la edad avanzada de las plantaciones (60 a 100 años), variedades de baja productividad, deficiente manejo agronómico, productores sin título de propiedad, escaso relevo generacional, difícil acceso al crédito formal y poca cultura de programas de renovación y rehabilitación (Zambrano y Chávez 2018).

Las enfermedades son el factor biótico de mayor impacto para la producción de cacao en Latinoamérica y el mundo (Leandro Muñoz *et al.* 2017). La moniliasis, causada por el hongo (*Moniliophthora roreri*), es la enfermedad más dañina en América Latina, dado que puede ocasionar pérdidas de hasta el 80% de la cosecha y ha sido la causa del abandono de muchos cacaotales en Centroamérica (Phillips Mora y Cerda 2009). La moniliasis está presente en 14 países de América Latina: Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú, Bolivia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, El Salvador, Honduras, Guatemala, Belice, México y Jamaica; con pérdidas significativas en países donde no se atiende de manera adecuada su llegada (Phillips Mora 2019). El contagio por moniliasis es tan severo que, de cada tres mazorcas de cacao afectados por diversas enfermedades, dos pertenecen a la infección por moniliasis. (Ramírez -González 2008).

El primer reporte de la moniliasis en el Caribe data del 2016, específicamente en Jamaica (Evans *et al.* 2018). La distancia entre Jamaica y Haití es de 518 km y dado que RD hace frontera con Haití, la eventual llegada de la moniliasis al vecino país afectaría las áreas de cultivo adyacentes, con implicaciones socioeconómicas significativas. A la fecha y según la opinión de expertos y autoridades rectoras del sector cacao en el país, no existen investigaciones orientadas a estimar el impacto socioeconómico de la llegada de la moniliasis sobre la base productiva de República Dominicana. La detección de la moniliasis del cacao en Jamaica, obliga a este país a mantenerse en un estado de alerta fitosanitaria continua, sobre todo, teniendo en cuenta las condiciones meteorológicas y climáticas favorables de la región para la dispersión de plagas y enfermedades en determinadas épocas del año (Suarez Capello 2018).

Frente a la amenaza latente de la entrada de la moniliasis al país y el estado deficiente de manejo de las plantaciones de cacao, se vislumbra un escenario alarmante que supone un impacto detrimental sobre la producción nacional, productividad, rentabilidad, competitividad y el eventual abandono de la actividad cacaotera (Phillips Mora 2019). En tal sentido, es necesario realizar un estudio que evidencie 1) la vulnerabilidad del sector cacao ante la moniliasis y 2) la magnitud del impacto de la moniliasis en la producción y economía nacional. Para esto se requiere simular el comportamiento de la enfermedad a nivel de finca y nacional, para poder cuantificar el impacto económico y social de la enfermedad a nivel nacional. Los resultados de este estudio llenarán una brecha del conocimiento en la literatura y generará información oportuna para los tomadores de decisiones (actores de la cadena – CNC y el gobierno central).

1.1. Objetivo general

- Determinar el impacto socioeconómico en la cadena de valor del cacao ante la posible llegada de la moniliasis a República Dominicana.

1.2. Objetivos específicos

- Establecer los factores críticos en las plantaciones de cacao de las regionales del país que favorecerían la dispersión de la enfermedad.
- Adaptar modelos epidemiológicos de la moniliasis para República Dominicana.
- Estimar el impacto socioeconómico de la moniliasis a nivel nacional.

2. Revisión de literatura

La economía de República Dominicana ha sido una de las que ha crecido más rápido en América Latina en los últimos 20 años. El valor agregado de la actividad agropecuaria registró un crecimiento anual de 4,2% durante el 2019; este comportamiento refleja el desempeño mostrado por la agricultura (4,4%), de la cual el sector cacao representa un crecimiento del 2% (BCRD 2019). La agricultura emplea el 14,4% de la fuerza laboral del país. La producción y exportación de cacao contribuye a la generación de divisas¹ al país, ya que figura en las estadísticas nacionales como uno de los principales rubros de exportación, después de los cigarros puros. Entre enero-julio del 2020, las exportaciones de cacao representaron US\$ 140,2 millones (CeI-RD 2020) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características generales de la República Dominicana y del sector cacao

Variable – característica	Valor
Población nacional (personas)	10 448 499
Población rural (personas)	135 830 487
Población rural de la población total (%)	13
Cantidad de agricultores	214 004
PIB per cápita (US\$)	8531,1
Índice de desarrollo humano (<i>ranking</i>)	0,745 (89) (alto)
Nivel de pobreza (nacional)	25,5%
Número de cacaocultores	40 000
Agricultores asociados	28 000
Área cosechada en el 2020 (ha)	171 875
Producción en 2019-2020 (TM)	70 095,25
Ranking mundial entre países productores de cacao	9no (2do para cacao fino y de aroma) y no.1 en cacao orgánico
Rendimientos en el 2020 (TM/ha)	0,51
Riesgo climático	Apto con clima muy caliente – seco Adaptación incremental
Exportaciones en el 2020 (TM, grano seco)	73 000 (98% de la producción nacional)
Exportaciones en el 2020 (US\$)	202 109 702,01 millones
Mercados principales (cuota de exportación)	Países bajos (23,1%), USA (22,1%), Bélgica (21,9%), Italia (8,6%), España (5,1%), México (4,2%), Indonesia (4,1%), Indonesia (3,3%) Japón (3,0%) e India (2,6%).
Precio de exportación año 2020 (US\$/MT)	2560,25
Calidad (clasificación ICCO) *****	60% fino y de aroma
Certificaciones	Rainforest Alliance, Fair Trade, UTZ, JAZ, BIO SUISSE ORGANIC, BASC, USDA ORGANIC, KOSHER, otros

¹ La generación de divisas del sector exportador contribuye a los indicadores macroeconómicos (CEI-RD 2020).

El cacao se ve afectado por distintas enfermedades, virus y plagas en los distintos países donde se cultiva, siendo las tres principales enfermedades de origen fungoso y causantes de las mayores pérdidas económicas en las plantaciones (mazorca negra, escoba de bruja y moniliasis). A nivel mundial, las enfermedades fungosas de mayor impacto son la mazorca negra y escoba de bruja (Cuadro 2). La moniliasis ocupa el tercer lugar ya que está confinada a América Latina y aún no afecta a los países de mayor producción de cacao mundialmente. En el 2001 las pérdidas por moniliasis fueron de 30 mil toneladas métricas, mientras que para el 2016 fue de 76 mil toneladas métricas, lo que representa un aumento del 150% (Cuadro 2), equivalente a un incremento anual del 10%.

Cuadro 2. Pérdidas causadas por enfermedades importantes en el cultivo de cacao a nivel global

Enfermedad	Pérdidas en 2001 (miles TM)	Pérdidas en 2016 (miles TM)
Mazorca Negra (<i>Phytophthora spp.</i>)	450	873
Escoba de bruja (<i>Moniliophthora perniciosa</i>)	250	492
Virus del brote hinchado (CSSV)	50	96
Muerte de la racha vascular (<i>Ceratobasidium theobromae</i>)	30	61
Moniliasis (<i>Monilophthora roreri</i>)	30	76
Barrenador de la vaina de cacao (<i>Conopomorpha cremerella</i>)	40	81
Total	850	1678

Fuente: (Marelli *et al.* 2019)

2.1. La moniliasis: características, síntomas y signos

La moniliasis del cacao es una enfermedad causada por el agente *Moniliophthora roreri*. Es un hongo altamente especializado para el género *Theobroma* y ataca y destruye solamente las mazorcas. La infección se produce por contacto de las esporas del hongo con el tejido de mazorcas de cualquier edad. Una de las características de la moniliasis es su largo periodo de incubación; el tiempo puede ser de 3 a 8 semanas (FHIA *et al.* 2003), dependiendo de la edad de las mazorcas al momento del ataque, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones de clima; principalmente presencia de humedad relativa por encima del 80% (Suarez Capello 2018). En frutos tiernos, en días lluviosos y calurosos, el periodo de incubación se acorta a tres semanas.

Durante las primeras 10 semanas de desarrollo, las mazorcas son más susceptibles y pueden ser destruidas totalmente. En los frutos menores a dos meses, la infección aparece primero como pequeños abultamientos o gibas en la superficie de la mazorca, incluso esa área se decolora. Después de que emerge esa giba, surge la mancha marrón que se va extendiendo y sobre ella

empieza a aparecer una felpa blanca que corresponde al micelio del hongo (Phillips Mora y Cerda 2009). Luego de tres a siete días y sobre el micelio blanquecino, empiezan a emerger las esporas en forma de un fino polvillo de color *beige*, que se liberan y dispersan por la acción del viento, principalmente (Suárez Capello 2018).

En frutos infectados a mitad de su desarrollo (alrededor de tres meses de edad), la enfermedad aparece primero en forma de unos pequeños puntos aceitosos. En muy corto tiempo esos puntos se unen formando una mancha oscura. El borde de la mancha es irregular y a veces provoca amarillamiento del tejido por donde va avanzando la enfermedad. A los pocos días, sobre la mancha aparece el micelio y luego las esporas que forman un grupo acumulado abundante de color crema (Suárez Capello 2018). Las esporas o "semillas" que reproducen el hongo son tan abundantes que, en solo un centímetro cuadrado, se cuentan desde 7 a 43 millones (Evans 1981). Las esporas se vuelven muy eficientes para infectar cuando encuentran suficiente humedad relativa y una capa de agua superficial sobre la mazorca (Phillips Mora 2019).

También es común la llamada apariencia de madurez prematura, lo que significa que las mazorcas cambian de color, dando la impresión de madurez normal en frutos que todavía no tienen el tamaño ni la edad de cosecha (Suárez Capello 2018). En los frutos adultos (mayores de 12-15 semanas), el síntoma más común de la moniliasis es una mancha de color marrón que puede extenderse hasta cubrir todo el fruto con la felpa de micelio y el polvillo de esporas del hongo (Phillips Mora 2019). Cuando el hongo ataca a mazorcas de 14 semanas o más de edad, es frecuente que no se presenten síntomas externos, pero la enfermedad ha destruido el interior de las mismas (Suárez Capello 2018).

2.2. Daños causados por la moniliasis en diferentes países

La moniliasis es una enfermedad devastadora del cacao, presente en 14 países de América Latina; los graves efectos socioeconómicos causados en diferentes países muestran claramente la magnitud de los daños y lo catastrófico que representaría una eventual diseminación del hongo en los principales países productores de cacao. La enfermedad conocida de los años 1800's, se originó en Colombia y se ha dispersado transfronterizamente de manera limitada. En las últimas décadas se ha observado una mayor dispersión transfronteriza debido a la mayor movilidad de seres humanos y mercancías (Phillips Mora *et al.* 2007). En la Figura 1 se visualiza como la enfermedad se ha propagado en las últimas décadas, especialmente en el área de Mesoamérica. La enfermedad fue detectada en Jamaica en el 2016 (Evans *et al.* 2018). En el Cuadro 3 se presentan el año y lugar de entrada de la moniliasis a cada país.



Figura 1. Distribución en el tiempo de la moniliasis en Mesoamérica

Fuente: Evans *et al.* (2010)

Cuadro 3. Año y punto de entrada de la moniliasis por país en Mesoamérica

País	Año de entrada	Introducida desde	Fuente
Colombia	1817	Cordillera de los Andes	Rodríguez Polanco <i>et al.</i> (2005)
Ecuador	1916	NA	(Estrella Guayasamín y Cedeño Aguilar 2012)
Venezuela	1941	NA	Phillips Mora (2003)
Panamá	1956 1980	Colombia, Costa Rica	(Phillips Mora <i>et al.</i> 2007)
Costa Rica	1978	NA	Galindo (1985)
Nicaragua	1979	Costa Rica	Phillips Mora <i>et al.</i> (2007)
Honduras	1997	NA	(FHIA 2012) Phillips Mora <i>et al.</i> (2007)
Belize	2003	NA	(Phillips Mora <i>et al.</i> 2007)
México	2005	NA	Ramírez González (2008)
El Salvador	2012	NA	(Phillips Mora <i>et al.</i> 2012)
Jamaica	2016	NA	Evans <i>et al.</i> (2018) y Phillips Mora (2019)

La enfermedad se reportó en Colombia en 1817; este país ha convivido con la misma desde entonces. Según Rodríguez Polanco *et al.* (2005), el 40% de la producción nacional colombiana se pierde por moniliasis. En Ecuador la enfermedad se detectó en 1916, distribuyéndose rápidamente en todas las zonas productoras y pasando de producir 32 200 a 1630 TM durante los años 1916-1919 (Estrella Guayasamín y Cedeño Aguilar 2012). La moniliasis se detectó en Costa Rica durante el año 1978 y en un lapso de dos años se dispersó por todas las zonas productoras, reduciendo la producción de 9500 a 2800 toneladas anuales en cuestión de cinco años (Galindo1985). Perú reportó la enfermedad en 1988, entrando por la frontera con Ecuador.

En Honduras la producción antes de la llegada de la moniliasis era de 5500 TM; sin embargo, por la incidencia de la misma para el 2003 solo se produjeron 2200 TM. A México llegó en el 2005; los daños más significativos se dieron en la localidad de Tabasco y Chiapas donde se estimó que la producción del 2006 al 2008 bajó de 40 000 a 12 000 TM, respectivamente, representando una caída del 70%. Finalmente, Jamaica reporta la moniliasis en 2016, aunque no se tienen datos de efectos detrimentales sobre la producción de la isla, representa una amenaza real para el sector cacao de República Dominicana (Phillips Mora 2019).

2.3. Factores que explican la agresividad de la moniliasis

Los factores que explican la agresividad e impacto de la moniliasis son: a) capacidad para producir inmensas esporas con un alto poder infectivo; b) fácil diseminación de sus esporas por medio del viento, el agua, los animales y los seres humanos; c) susceptibilidad de la mayoría de las variedades cultivadas y d) capacidad del hongo para adaptarse a diferentes ambientes y de sobrevivir durante periodos adversos (Phillips Mora 2019).

Las condiciones climáticas han jugado un papel preponderante en el establecimiento y diseminación de la moniliasis en los países donde está presente. A continuación, se presentan los factores y los rangos que favorecen su establecimiento y desarrollo.

Temperatura: Según Phillips Mora (2019) y Suárez (1987), valores entre 22 a 24°C propician las condiciones ideales para la condensación y la presencia de una película de agua sobre el fruto, lo cual crea un efecto determinante en la germinación y penetración del hongo en la mazorca; mientras que con temperaturas más frescas la severidad es menor y el período de incubación es más largo. Sin embargo, temperaturas mayores a 26°C tienen alta incidencia en la esporulación y establecimiento, así como en la permanencia del hongo en el aire (Phillips Mora 2019).

Humedad relativa: Una humedad relativa menor a 85% favorece considerablemente el establecimiento, liberación y permanencia de las esporas de moniliasis en el ambiente (Phillips Mora 2019; Suárez Capello 2018); mientras que si es mayor al 85%, ocasiona mayor esporulación y por tanto un mayor ataque (Phillips Mora 1986).

Precipitación: La moniliasis se adapta a diversos rangos de precipitación; sin embargo, Phillips Mora (2019) especifica que, entre 780 y 5500 mm anuales, el hongo tiende a establecerse y diseminarse con mayor facilidad, mientras que en regiones con estación seca bien definida la incidencia de establecimiento baja.

Altitud: La moniliasis se adapta a un rango de altitud que oscila entre 0-1520 msnm (Phillips Mora 2019). Sin embargo, según Bateman *et al.* (2005), en lugares con un período seco bien definido y suficientemente prolongado y en zonas altas y frías, la incidencia es menos agresiva que a nivel del mar.

Viento: El viento permite la movilización de las esporas dentro de un área determinada (Phillips Mora 2019). Por tanto, si las condiciones de humedad relativa y temperatura son favorables, a mayor viento mayor dispersión de las esporas.

2.4. Acciones para el manejo y control de una eventual llegada de la moniliasis a República Dominicana

- Con la aparición de la moniliasis en Jamaica, Haití, República Dominicana y Cuba son los principales países del Caribe bajo amenaza de un posible contagio de la enfermedad (Phillips Mora 2019). Frente a la casi inminente llegada de la enfermedad, se desarrolló la “Estrategia binacional para la prevención de la moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) en Haití y República Dominicana”, la cual establece una hoja de ruta consensuada de las acciones técnicas y los mecanismos preventivos que deben llevarse a cabo en ambos países de forma conjunta o separada, cuyo fin es evitar el ingreso, erradicar, contener y/o manejar adecuadamente cualquier introducción o brote del hongo en la isla, y, de esta forma, incrementar de manera sinérgica las posibilidades de éxito en la prevención y control del patógeno (Phillips Mora 2019).
- El Ministerio de Agricultura (MA) y la DR Cocoa Foundation, ejecutan un Plan piloto nacional de rehabilitación y recuperación de fincas cacaoteras para la “Prevención de Moniliasis”. En la primera fase serán intervenidas 74 375 ha con aplicación de técnicas especializadas en el manejo del cultivo; el plan se realiza a través de seis componentes: administración y organización, capacitación, promoción y divulgación técnica, rehabilitación y readecuación de fincas, gestión y siembra de plantas, monitoreo y evaluación (MA 2019). El Departamento de Cacao del MA, es la unidad ejecutora del proyecto que tiene una duración de un año y comenzó a ejecutarse el 1 de septiembre del 2019 en las zonas Nordeste y Norcentral. Hasta el momento se han rehabilitado alrededor de 28 ha de 11 productores; sin embargo, la pandemia del COVID-19 paralizó temporalmente el Proyecto (MA 2019).

- Suarez Capello (2018) elaboró un manual fitosanitario para la moniliasis (enfocado en potencializar el programa de vigilancia) y un plan de contingencia el cual permite responder de manera inmediata y eficiente a los casos sospechosos del patógeno, reduciendo los riesgos de ingreso y propagación; como insumo final del manual fitosanitario se realizaron dos simulacros de campo con las instituciones y productores en San Francisco de Macorís y Monte Plata, con una participación total de 140 productores (Suarez Capello 2018).

2.5. Índice de vulnerabilidad

Un índice de vulnerabilidad es un instrumento que facilita la toma de decisiones para la orientación de esfuerzos y priorización; sirve como insumo para el diseño de políticas integrales para el mejoramiento de un área determinada (Techo 2013). En esta investigación el índice servirá para determinar cuál es la regional productora de cacao con mayor grado de vulnerabilidad en relación con el establecimiento y dispersión de la moniliasis en República Dominicana. Las metodologías utilizadas para la creación de un índice de vulnerabilidad orientado al ámbito climático, social y de la medicina son numerosas; sin embargo, para la construcción del índice para fines de este estudio, se toman ideas y pautas de investigaciones indicadas más adelante en esta misma sección.

2.5.1. Evaluación participativa de la vulnerabilidad

Las personas establecidas en paisajes de alto valor de conservación están atrapadas entre su dependencia de los recursos naturales para satisfacer sus aspiraciones de desarrollo y la presión internacional para conservar los recursos. Con base en lo anterior se desarrolló una investigación de un estudio de caso en el suroeste de Camerún que fue designado parque nacional (Van Vliet 2010).

Se adaptó el enfoque basado en la “evaluación participativa de la vulnerabilidad”, desarrollado para investigación sobre el cambio climático y aplicado a los cambios que ocurren en un contexto de conservación y desarrollo. Se evaluaron las percepciones de la población local sobre cómo ha cambiado la vulnerabilidad de sus medios de vida después de la designación del parque y se empleó la experiencia y el conocimiento de los miembros de la comunidad para caracterizar la exposición de la misma y las estrategias de adaptación. Esta metodología permite que las organizaciones comprendan e incorporen las percepciones de las comunidades locales en sus planes de implementación, asegurando así una mayor participación de los beneficiarios (Van Vliet 2010). Los hallazgos muestran que las comunidades locales dentro y alrededor del parque nacional recién creado, perciben que sus opciones de medios de vida se reducirán y que los nuevos estímulos externos, como los mercados, pueden ser muy influyentes y socavar potencialmente los esfuerzos de conservación y desarrollo si no se abordan en un proceso adaptativo incluyente (Van Vliet 2010).

2.5.2. Índice de vulnerabilidad social

La vulnerabilidad social es una situación en la que la incertidumbre rompe con nuestras certezas y prenociones de seguridad, lo cual genera una serie de quiebres que abarcan niveles micro (cotidiano) y macrosociales (estructural). Este fenómeno resulta común en el trayecto de modernización, diferenciado por la inestabilidad e incertidumbre con relación a la actualidad y, más aún, con el futuro. En este sentido, el aumento de riesgos en las diferentes clases sociales genera efectos inesperados a nivel cotidiano y estructural (Burgos *et al.* 2009).

El trabajo de Burgos *et al.*(2009), expone la creación de un índice de vulnerabilidad social desde una perspectiva teórico-empírica. La construcción se basó en 3 etapas: 1) descripción de lo que se entiende y construye bajo la denominación de “índice teórico” (a partir de 13 variables de una comunidad); 2) generación de codificaciones de las modalidades; 3) construcción del índice, a nivel general, para describir su comportamiento respecto a variables como sexo, oficio, rama de actividad, previsión en salud, ingresos, escolaridad, etc. A cada variable se le realizó una ponderación de 0-1 con valores intermedios y se obtuvieron medias; clasificando con baja vulnerabilidad los individuos cercanos a 0 y con alta vulnerabilidad los cercanos a 1 (Burgos *et al.* 2009).

A partir de la metodología usada en la construcción del índice de vulnerabilidad social, se puede afirmar que, a partir de un criterio teórico específico, podemos ponderar las variables de acuerdo con criterios de presencia o ausencia de una característica en un aspecto determinado. Uno de los resultados más llamativos de la investigación es que la educación de un individuo presenta mayor peso que el ingreso frente a la disminución de la vulnerabilidad social, lo que indica que esta vulnerabilidad obedece a un proceso cuya reducción se orienta a procesos de acumulación de largo plazo con alto grado de planificación (Burgos *et al.* 2009).

2.5.3. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático

La región de América Latina y el Caribe (ALC), enfrenta una exposición grave a múltiples riesgos relacionados con el clima que incluyen ciclones, inundaciones, sequías y oleadas de calor. En este sentido, el Banco de Desarrollo de América Latina se ha interesado en crear un índice de vulnerabilidad al cambio climático (IVCC), compuesto por tres categorías: de exposición, sensibilidad humana y capacidad adaptativa del país frente a los impactos potenciales del cambio climático o de aprovechar esos posibles impactos (Mapplecroft 2014).

Los índices de riesgo presentan una evaluación comparable cuantificada de los riesgos del cambio climático en la región de ALC. Los índices se presentan en una escala de 0-10, donde los valores cercanos a 0 representan mayor riesgo, mientras los valores cercanos a 10 representan menor riesgo. Para sustentar la interpretación, los valores de los índices se dividen en cuatro categorías

de riesgo, a saber: riesgo extremo (0 – 2,5); riesgo alto (>2,5 – 5); riesgo moderado (>5 – 7,5); riesgo bajo (>7,5 – 10) (Mapplecroft 2014).

2.5.4. Selección de grado de vulnerabilidad por regional

Barba, Espinosa y Suris (2015), en un estudio de adopción de prácticas de manejo agroecológico de plagas en el cultivo de sandía, en Azuero, Panamá, utilizaron una escala para clasificar en categorías el nivel de adopción de tecnología a partir del valor promedio del conjunto de prácticas utilizadas por la población bajo estudio. En el cuadro 4 se presentan las categorías definidas por estos autores, las cuales dependen del porcentaje de adopción de las prácticas de manejo (p.e., un porcentaje de adopción entre el 76 a 100%, es considerado alto; mientras que si es mejor a 25% es clasificado muy bajo). Una escala similar a la anterior fue utilizada por Cenicaña (2014), para clasificar los niveles de adopción de tecnología agrícola con base en el porcentaje de agricultores que la habían adoptado en el Valle del Cauca. Un ejercicio similar será realizado en esta investigación para categorizar las regionales en función de su grado de vulnerabilidad ante la moniliasis.

Cuadro 4. Categoría del nivel de adopción de tecnología

Categorías	Puntaje (%)	
	(Barba <i>et al.</i> 2015)	(Cenicaña 2014)
Alto	76 a 100	80 a 100
Medio	51 a 75	50 a 79
Bajo	26 a 50	20 a 49
Muy bajo	≤ 25	< 20

2.6. Modelación epidemiológica de la moniliasis

La literatura sobre modelos epidemiológicos de la moniliasis es relativamente limitada. Gran parte de la misma describe la enfermedad y los factores que influyen en el establecimiento y diseminación de la enfermedad (Phillips Mora 2019 ;Suárez Capello 2018;Krauss *et al.* 2003) . Hasta el momento, solo (Leach et al. 2001) ha modelado matemáticamente la enfermedad bajo las condiciones de una plantación en Costa Rica; el modelo matemático simula la fenología del cultivo de cacao, la estructura de edad de mazorcas y la dinámica de la enfermedad. A partir de la incidencia de moniliasis y su efecto en la productividad, Leach *et al.* (2001) modelan cómo diferentes prácticas de gestión afectan los indicadores económicos de una finca en Talamanca, Costa Rica. El modelo se construyó usando una hoja de cálculo en Excel para ingresar variables reales de una plantación, tales como el ciclo de floración, frecuencia de cosecha, extracción de mazorcas infectadas, pérdidas de mazorcas maduras sin cosechar por roedores, capacidad de identificar frutos infectados, precios internacionales del cacao, precios y primas en la finca, costos

y requisitos laborales. El modelo permite entender cómo la interacción de estas variables influye en el comportamiento de la enfermedad, permitiendo definir estrategias de manejo de la moniliasis en finca.

Este modelo parte de un submodelo de mazorcas que se construye con datos históricos de floración. Para modelar la epidemiología de la enfermedad, Leach *et al.* (2001) parametrizan las funciones teóricas de Gompertz y una curva de infectividad para las condiciones de Talamanca – Costa Rica. Por tanto, una limitante es que la curva de progresión de la enfermedad en la finca y la curva de infectividad son estáticas, y deberían ser flexibles y dinámicas en repuestas a las condiciones climáticas. Adicionalmente, la información epidemiológica de este submodelo describe de forma general la epidemiología de la moniliasis, principalmente de Ecuador, basadas en las percepciones de los expertos; lo que indica que el modelo no muestra de manera precisa el comportamiento de la enfermedad en la finca de Costa Rica donde se probó (Leandro Muñoz 2017). En consecuencia, el modelo Leach *et al.* (2001) requiere ser adaptado a las condiciones de República Dominicana para entender la epidemiología de la enfermedad en finca.

El modelo Leach, en su fase preliminar de prueba fue calificado por científicos del CATIE, exportadores y productores como un trabajo que proporciona un marco correcto para el análisis y comprensión de la enfermedad, por la razón de que las suposiciones utilizadas son típicas de plantaciones de cacao y por ser una herramienta que permite tomar decisiones eficaces para controlar la enfermedad (Leach *et al.* 2001). Lo importante del modelo es que permite que los países que actualmente no están afectados por la moniliasis, pero que están expuestos, pueden encontrar una herramienta útil para alertar y preparar las autoridades del sector, casas comerciales, técnicos y productores con relación al manejo y los efectos económicos probables de la enfermedad.

Los resultados más importantes del estudio de Leach *et al.* (2001), indican que llevar a cabo labores fitosanitarias y cosecha al mismo tiempo con intervalo de 4 semanas, permitirá un retorno neto mayor en comparación con hacer solo cosecha. También, el estudio encontró que el reconocimiento de mazorcas infectadas a las 10 semanas en lugar de 15 semanas proporciona un aumento en el retorno neto de alrededor del 50% durante dos años.

2.7. Estimación de pérdidas causadas por moniliasis

El grado de severidad que muestra la moniliasis en los distintos países donde tiene presencia, ha despertado el interés de investigadores por estudiar el comportamiento y las pérdidas que genera la enfermedad dentro de las plantaciones. A continuación, se muestran algunos trabajos.

Ramírez (2016) determinó en una finca colombiana de 67,8 ha una pérdida anual por moniliasis relativamente baja de 1,33 kg/ha, equivalente a una pérdida económica total de US\$121²; mientras que las pérdidas por *Phytophthora* spp. fueron de 90 kg/ha, equivalente a una pérdida económica total de US\$ 8226. Las pérdidas cuantificadas están asociadas al sistema productivo (CCN-51 injertado sobre IMC-67 con edades de 4,4 a 8,7 años) y a las condiciones biofísicas de la zona de estudio (altitud de 1050 msnm, zona de vida de bosque húmedo tropical (Bh-T), precipitación de 2500 mm año, temperatura de 20°C y humedad relativa promedio de 93%).

Investigaciones llevadas a cabo en Perú, Colombia, Costa Rica y otros países de Centroamérica muestran que la moniliasis es capaz de causar pérdidas entre 10 – 90% de la cosecha si se usan genotipos susceptibles y se maneja en forma deficiente la plantación y la enfermedad (Somarriba 2013; Phillips Mora y Cerda 2009 ; Krauss y Soberanis 2001).

2.8. Manejo fitosanitario y químico de la moniliasis

La principales recomendaciones de control se centran en el manejo del microclima dentro de la plantación (regulación de sombra, poda del cacao, uso de material genético de porte bajo), en compañía de prácticas culturales (remoción semanal de mazorcas con síntomas, disposición de los frutos enfermos y entierro de los mismos con una aplicación de nitrógeno para acelerar la descomposición) (Phillips Mora y Cerda 2009). En Perú se determinó que la práctica cultural es la única medida de control efectiva para los pequeños productores y que la remoción de frutos enfermos semanal representa una reducción de la moniliasis de un 26-41%, en comparación con la realización de la actividad quincenal (Soberanis *et al.* 1999; Krauss *et al.* 2003).

Los métodos de control biológico no ofrecen un control efectivo de la enfermedad en todas las condiciones ambientales de producción del cultivo, debido a que las poblaciones de parasitoides benéficos no logran establecerse en condiciones de campo para controlarla (Krauss y Soberanis 2001). Sin embargo, Krauss *et al.* (2003) demostró que utilizando tres aplicaciones de biocontroladores seguidas por remociones fitosanitarias en intervalos quincenales reducen las pérdidas por moniliasis, llevando mayores niveles de ganancia.

Bateman *et al.* (2005) indicaron que existen pocas experiencias y conocimiento de tecnologías para controlar la enfermedad con control químico. Con temperaturas altas (33°C), la efectividad de los fungicidas de contacto a base de hidróxido de cobre como medida profiláctica permiten controlar efectivamente la infección de moniliasis y aumentar los rendimientos. Sin embargo, para manejar y controlar la enfermedad es necesario un enfoque integrado que incluya prácticas culturales, bio-control y control químico, lo que indica que el control químico y biológico sirve de refuerzo en el manejo cultural de la enfermedad.

² Tasa de cambio promedio en el 2016 = 3050,98 pesos colombianos por 1 US\$

3. Metodología

La investigación se realizó en las zonas marcadas en el mapa con el color zanahoria neón, representadas por las cinco principales regionales productoras de cacao en República Dominicana (Nordeste, Este, Central, Norte y Norcentral) (Figura 2).



Figura 2. Mapa de zonas cacaoteras en República Dominicana. Fuente: (MA 2017).

En este trabajo se combinan métodos cualitativos, cuantitativos y ejercicios de simulación para estimar el impacto potencial de la moniliasis sobre la producción de cacao en República Dominicana y su consecuente impacto económico. Para la parametrización de los modelos de simulación se utilizaron bases de datos disponibles en el país, informes técnicos de proyectos, datos de entidades oficiales nacionales, artículos científicos de modelos epidemiológicos, entrevistas semiestructuradas a informantes claves (supervisores regionales, técnicos y expertos del Ministerio de Agricultura de República Dominicana (MARD), productores líderes, representantes de las casas exportadoras e investigadores del Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). A continuación, se detallan las metodologías específicas utilizada para responder las preguntas de investigación y objetivos de este estudio.

3.1. Metodología para determinar factores que favorecerían la moniliasis en República Dominicana

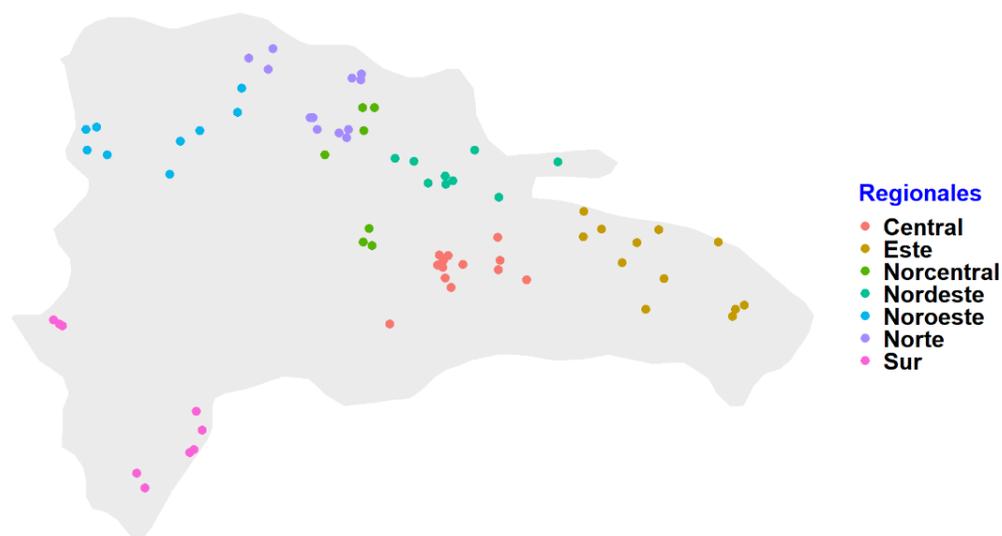
Los factores que favorecen la dispersión de la enfermedad son mayormente agronómicos y ambientales (ver sección 2.3). Para conocer los factores agronómicos que prevalecen en las diferentes regionales productoras de cacao en el país, se realizaron cinco grupos focales, uno por cada regional (Cuadro 5). En total participaron 73 personas, entre técnicos del Ministerio de Agricultura, casas comerciales y productores de las diferentes regionales. Una vez en el taller, se formaron mesas de trabajo donde se utilizó un cuestionario de 35 preguntas abiertas y cerradas (Anexo 19), las cuales fueron divididas por grupo, teniendo un tiempo de 30 minutos para responderlas y una hora para discutir cada segmento con todos los participantes. Finalmente, se realizó un protocolo de observación para validar las informaciones recopiladas en las mesas de trabajo en las diferentes regionales, el cual se aplicó a cinco fincas por zona de producción, para un total de 25 fincas.

Cuadro 5. Mesas de consulta participativa con técnicos y personal clave del sector por regional

Regional	Número de mesa	Número de participantes por mesa	Total de participante
Nordeste	3	5	15
Este	3	4	16
Central	2	5	10
Norte	2	6	12
Norcentral	4	5	20

Para conocer y analizar el comportamiento de *Moniliophthora roreri* con el ambiente, se obtuvieron datos históricos de temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y precipitación en las diferentes zonas de producción de República Dominicana. El procedimiento seguido fue el siguiente:

- Se seleccionaron puntos de referencia en los diferentes municipios donde se produce cacao a nivel nacional. En la Figura 3 se presentan todas las comunidades que producen cacao en el país, clasificada por regional productora.
- Posteriormente, para cada comunidad se descargaron datos climáticos históricos (1985-2019) de la página de la NASA (<https://centroclima.org/powered-by-nasa/#>), usando el *software* de programación con enfoque estadístico R.
- Por último, los datos se ordenaron en Excel por regional, municipios y sección y se procedió a realizar un análisis de estadística descriptiva, incluyendo el cálculo de promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.
- Con este análisis se observó el comportamiento de las diferentes variables climáticas por cada región de República Dominicana.



Puntos GPS de las 5 principales regionales productoras de cacao, representan municipios, parajes y secciones que fueron seleccionados para ver el comportamiento histórico de las principales variables climáticas (precipitación, temperatura promedio, máxima y mínima, humedad relativa y velocidad del viento) que inciden en el establecimiento y dispersión de la moniliasis del cacao.

Figura 3. Municipios productores de cacao por regional donde se midieron variables climáticas, República Dominicana

Para estimar la vulnerabilidad de las regionales productoras de cacao se utilizó un enfoque multinivel semicuantitativo, realizado a partir de un diagnóstico que contó con los conocimientos de técnicos, productores, expertos y autoridades del subsector cacao en el país. Los pasos realizados para la construcción del índice de vulnerabilidad fueron los siguientes:

Paso 1: Se clasificaron en cinco grandes temas (entorno, manejo de finca, germoplasma, puntos de entradas al país y variables climáticas) las variables utilizadas en el diagnóstico inicial, las cuales tienen métricas a tres niveles, relacionadas con el grado de vulnerabilidad que representan para el establecimiento, dispersión y manejo de la moniliasis; donde 1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto (Cuadro 7).

Paso 2: Los resultados obtenidos por regional fueron ponderados de acuerdo con el valor de la variable, es decir, 1-3, según el grado de vulnerabilidad que represente. Este paso se repitió para cada una de las variables contenidas en los cinco grandes temas.

Paso 3: Se estableció que para cada tema (T), el índice de vulnerabilidad (IV_T) es el resultado de la división entre 1) la sumatoria de los valores que toman las variables dentro de cada tema y 2) la sumatoria del valor máximo que pueden tomar las variables de un tema. Los valores de este índice pueden tomar valores entre 0,33-1,00 y está dado por la siguiente ecuación:

$$IV_T = \sum_{i=1}^{i=n} V_{Ti}/3n \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde V_{Ti} es la variable i del tema T , n es el número total de variables dentro de cada tema y $3n$ es el resultado de multiplicar la cantidad de variables por su valor máximo, lo cual es equivalente a la sumatoria total del valor máximo que pueden tomar las variables. Por ejemplo: si el tema entorno tiene seis variables ($n=6$) con valores (1, 2, 1, 1, 2, 3); la sumatoria sería 10 y conociendo el valor máximo de cada variable (3), la sumatoria total de los valores máximos que pueden tomar las variables es 18 ($n*3$); entonces el índice de vulnerabilidad para este tema sería de $\frac{10}{18} = 0.55$.

Paso 4: Se calcula un índice de vulnerabilidad global para cada regional, equivalente a sacar un promedio de los índices de vulnerabilidad por tema, como se visualiza en la siguiente ecuación:

$$IV_G = \sum_{T=1}^{T=5} IV_T/5 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Paso 5: Se categoriza el nivel de vulnerabilidad en cada regional usando la escala (alto, medio, bajo). Esta categorización se realiza partiendo del trabajo de Barba *et al.* (2015). Se seleccionaron de manera arbitraria los niveles del índice para definir si la vulnerabilidad es alta, media o baja. En el Cuadro 6 se visualizan los umbrales seleccionados para definir la categoría o grado de vulnerabilidad. Por ejemplo, una regional con un grado de vulnerabilidad alto a la moniliasis es el resultado de un índice de vulnerabilidad en el rango 0,65-1.

Cuadro 6. Grado de vulnerabilidad del establecimiento, dispersión y manejo de la moniliasis en plantaciones de cacao, República Dominicana

Categoría / grado de vulnerabilidad	Rango del índice de vulnerabilidad
Alto	0,65 a 1
Medio	0,45 a 0,64
Bajo	0,33 a 0,44

Cuadro 7. Descripción de las métricas usadas para elaborar el índice de vulnerabilidad de la moniliasis en plantaciones de cacao, República Dominicana

Temas	Variables y métricas
Entorno	Periodicidad de cosecha 1= Regional donde realizan cosecha semanal mayoritariamente, está menos expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 2= Regional donde realizan cosecha quincenal mayoritariamente, tiene una exposición intermedia para el establecimiento y diseminación de una enfermedad. 3= Regional donde realizan cosecha mensual mayoritariamente, tiene una mayor exposición al establecimiento y diseminación de una enfermedad.
	Cantidad de instituciones públicas y privadas que dan asistencia 1= Regional con mayor cantidad de técnico que brindan asistencia a los productores, tiene mayor capacidad de respuesta frente a una enfermedad. 2= Regional con capacidad media de instituciones, tiene una capacidad intermedia de respuesta frente a una enfermedad. 3= Regional con menor cantidad de técnico, tienen menor capacidad de respuesta frente a una enfermedad.
	Asociatividad 1= Regional con alto nivel asociativo (mayor a 75%), tiene mayor capacidad de respuesta ante la presencia de una enfermedad. 2= Regional con un nivel medio de asociatividad (50-75%), tiene capacidad intermedia de respuesta ante la presencia de una enfermedad. 3= Regional con bajo nivel asociativo (menos del 50%), tiene mayor dificultad de dar respuesta ante la presencia de una enfermedad.
	Edad de los productores 1= Si la regional tiene la mayor cantidad de productores en el rango de edades de 46-55, tienen capacidad superior para manejar una eventual llegada de una enfermedad (tienen más conocimiento y capacidad física). 2= Si la regional tiene la mayor cantidad de productores en el rango de 25-45, tienen capacidad intermedia para manejar una eventual llegada de una enfermedad. 3= Si la regional tiene la mayor cantidad de productores en el rango de edad mayor a 56 años, tienen capacidad menor para manejar una eventual llegada de una enfermedad.
	Tenencia de la tierra 1= Regional donde los productores tienen título de propiedad en mayor cantidad, tiene mayor oportunidad de acceder a crédito, lo que significa mayor capacidad de inversión para mitigar los impactos de una enfermedad. 2= Regional donde los productores poseen las plantaciones en la categoría de propia sin título en mayor porcentaje, tiene menor capacidad u oportunidad de acceder a crédito lo que significa capacidad intermedia de inversión para mitigar los impactos de una enfermedad. 3= Regional donde los productores poseen las plantaciones en la categoría de rentada, en mayor cantidad, tienen mayores limitaciones que los anteriores para acceder al crédito lo que significa capacidad de inversión baja para mitigar los impactos de una enfermedad.
	Instituciones que apoyan con financiamientos a los productores 1= Regional con mayor cantidad de instituciones financieras que apoya al subsector, tiene más capacidad de respuesta económica frente a una enfermedad. 2= Regional con instituciones financieras intermedia de apoyo al subsector, tiene capacidad media de dar respuesta económica frente a una enfermedad. 3= Regional con menor cantidad de instituciones financieras de apoya al subsector, tiene menos capacidad de respuesta económica frente a una enfermedad.

Cuadro 7. Descripción de las métricas usadas para elaborar el índice de vulnerabilidad a moniliasis (Cont.)

Temas	Variables y métricas
Manejo de finca	<p>Acompañamiento técnico</p>
	<p>1= Acompañamiento técnico semanal y quincenal contribuyen a un mayor seguimiento de las recomendaciones realizadas al producto. (intensiva). 2= Acompañamiento técnico mensual contribuyen a un seguimiento deficiente de las recomendaciones realizadas al productor (regular). 3= Acompañamiento técnico bimensual, no contribuyen a un buen seguimiento de las recomendaciones realizadas al productor es una asistencia técnica parcial u ocasional.</p>
	<p>Buenas prácticas agrícolas (poda, control de maleza, manejo sombra, nutrición y drenaje)</p>
	<p>1= Práctica agrícola eficiente contribuye a una baja incidencia de plagas y mejora de la productividad. 2= Práctica agrícola deficiente dificulta bajar la incidencia de plagas y mejorar la productividad. 3= El no uso de práctica agrícola contribuye a aumentar la incidencia de plagas y disminuir la productividad.</p>
	<p>Edad de la plantación</p>
	<p>1= Plantaciones de cacao de 8-35 años puede tolerar con más eficiencia una enfermedad. 2= Plantaciones de cacao de 36-50 años toleran con menor eficiencia una enfermedad. 3= Plantaciones de cacao mayor de 50 años es susceptible a enfermedades.</p>
<p>Manejo de enfermedades fungosas</p>	
<p>1= Un alto nivel de conocimiento contribuye a la detección temprana de una enfermedad. Manejo de forma efectiva de las plantaciones con programa de prevención para minimizar daños. 2= Un nivel de conocimiento medio, contribuye a una detección en un tiempo no adecuado para el manejo de una enfermedad. 3= Un nivel de conocimiento bajo dificulta la detección y buen manejo en tiempo adecuado de una enfermedad.</p>	
<p>Textura del suelo</p>	
<p>1= Suelo franco - limoso contribuyen a una retención moderada de humedad y por ende a una baja incidencia de enfermedades. 2= Suelo franco - arcilloso contribuyen a una retención mayor de humedad y por ende a una alta incidencia de enfermedades, siempre que no se apliquen las labores culturales de manera correcta. 3= Suelo franco - arenoso, no apto para el desarrollo del cultivo de cacao.</p>	
<p>Rehabilitación y renovación de plantaciones</p>	
<p>1= Regional con menor superficie (ha) para rehabilitar y renovar, está menos expuesta a enfermedades catastróficas. 2= Regional donde la superficie (ha) para rehabilitar y renovar es escasa, está menos expuesta a enfermedades catastróficas. 3= Regional con mayor superficie (ha) para rehabilitar y renovar, está más expuesta a enfermedades catastróficas</p>	

Cuadro 7. Descripción de las métricas usadas para elaborar el índice de vulnerabilidad a moniliasis (Cont.)

Temas	Variables y métricas
Germoplasma	<p>Diversidad genética</p> <p>1= Regional que tenga de 10-15 clones distribuidos en sus plantaciones, podría presentar mayor tolerancia a una enfermedad. 2= Regional que tenga de 5-9 clones distribuidos en sus plantaciones, podría presentar tolerancia intermedia a una enfermedad. 3= Regional que tenga de 1-4 clones distribuidos en sus plantaciones, está expuesta a tolerar menos una enfermedad.</p>
	<p>Compactibilidad de los clones</p> <p>1= Regional con porcentaje mayor de 66 de sus clones autoincompatibles, es menos receptivo de polen y, por tanto, la interacción genética es menor, por lo que la interacción con material susceptible es menor, indicando menos riesgo de infección de una enfermedad. 2= Regional con porcentaje entre 1-33% de sus clones autocompatibles, tiene receptividad intermedia para adquirir el polen y, por tanto, la interacción genética es media por lo que la interacción con material susceptible es media, indicando riesgo medio de infección de una enfermedad por material susceptible 3= Regional que tenga porcentaje entre 33-66 de sus clones autocompatible, es más receptivo de polen y por tanto la interacción genética es mayor, por lo que la interacción con material susceptible es más dinámica, indicando mayor riesgo de infección de una enfermedad por material susceptible.</p>
	<p>Tolerancia</p> <p>1= Regional con clones resistentes y moderadamente resistente a enfermedades, tiene vulnerabilidad baja frente al establecimiento y diseminación de enfermedades. 2= Regional con clones tolerantes y moderadamente tolerante a enfermedades, tiene vulnerabilidad media frente al establecimiento y diseminación de enfermedades. 3= Regional con clones susceptibles y moderadamente susceptible a enfermedades, tienen vulnerabilidad alta frente al establecimiento y diseminación de enfermedades</p>
Presencia de puerto, aeropuerto y puesto fronterizo	<p>Puerto</p> <p>1= Regional sin presencia ni cercanía de puerto de otra zona, está menos expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 2= Regional con cercanía a puerto de otra zona, tiene una exposición intermedia al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 3= Regional con presencia a puerto, está más expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad.</p>
	<p>Aeropuerto</p> <p>1= Regional sin presencia ni cercanía a aeropuerto de otra zona, está menos expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 2= Regional con cercanía de aeropuerto de otra zona, tiene una exposición intermedia al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 3= Regional con presencia de aeropuerto, está más expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad.</p>
	<p>Puesto fronterizo</p> <p>1= Regional sin presencia ni cercanía de puesto fronterizo de otra zona, tiene posibilidad baja al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 2= Regional con cercanía a puesto fronterizo de otra zona, tiene una exposición intermedia al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 3= Regional con presencia de puesto fronterizo, presenta una exposición alta para el establecimiento y diseminación de una enfermedad.</p>

Cuadro 7. Descripción de las métricas usadas para elaborar el índice de vulnerabilidad a moniliasis (Cont.)

Temas	Variables y métricas
Variables climáticas	<p>Temperatura promedio 1= Regional con temperatura mayor a 28°C, riesgo bajo de establecimiento y desarrollo de una enfermedad. 2= Regional con temperatura menor 22°C, riesgo medio de establecimiento y desarrollo de una enfermedad. 3= Regional con temperatura promedio de 22-28°C, alto riesgo de establecimiento y desarrollo de una enfermedad.</p>
	<p>Humedad relativa 1= Regional con humedad relativa baja (menor 70%) está menos expuesta al establecimiento y desarrollo de una enfermedad. 2= Regional con humedad relativa media (70-85), exposición intermedia al establecimiento y desarrollo de una enfermedad. 3= Regional con alta (mayor de 85) humedad relativa más expuesta al establecimiento y desarrollo de una enfermedad.</p>
	<p>Precipitación 1= Regional con precipitación menor de 1500 mm está menos expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 2= Regional con precipitación entre 1500-2500 mm tiene una exposición intermedia al establecimiento y diseminación de una enfermedad. 3= Regional con precipitación mayor a 2500 mm está más expuesta al establecimiento y diseminación de una enfermedad.</p>
	<p>Velocidad del viento 1= Regional con velocidad del viento en el rango de 1-2 km/hr está menos expuesta a la diseminación de una enfermedad. 2= Regional con velocidad del viento entre 2-3 km/hr tiene exposición intermedia a la diseminación de la enfermedad. 3= Regional con velocidad del viento mayor 3 km/hr está más expuesta a la diseminación de una enfermedad.</p>

3.2. Metodología para modelar epidemiológicamente la moniliasis en República Dominicana

La modelación epidemiológica estudia la distribución, frecuencia, determinantes, relaciones, predicciones y el control de los factores relacionados con la sanidad y la enfermedad en una plantación en un tiempo y espacio determinado (Vidal Ledo *et al.* 2020).

Para modelar el progreso de la moniliasis en una finca dominicana, se partió del planteamiento de Leach *et al.* (2001) para modelar la enfermedad y su efecto económico sobre la producción a nivel de finca. Este modelo contiene cinco submodelos que capturan las relaciones inter-temporales de la enfermedad y la producción de cacao; sin embargo, para este estudio sólo se describirán los submodelos de mazorca y el epidemiológico.

3.2.1. Submodelo de mazorca

El submodelo de mazorca es el eje central del modelo de simulación. El modelo de Leach *et al.* (2001) se alimenta de datos de floración derivados por Somarriba *et al.* (1997) a partir de los datos de productividad y cosechas de mazorcas de una finca en Costa Rica. Por tanto, para adaptar el modelo a República Dominicana se construyó un registro de datos históricos de cosecha mensual de cacao en cada regional obtenida a partir de consultas con expertos, técnicos y productores. Con el patrón de productividad mensual se construyó el modelo de mazorcas.

Tomando como referencia el trabajo de Somarriba *et al.* (1997) y ajustando su metodología a las condiciones de falta de datos en República Dominicana, se transformaron los datos de productividad mensual por regional y se asumió una duración de cinco a seis meses para que las flores se conviertan en mazorca maduras-cosechables (MCKELVIE 1956). Por ejemplo, las mazorcas cosechadas en junio iniciaron su vida como flores en el mes de diciembre-enero junto a otras flores que no llegaron a mazorca mercadeables. Por tanto, la transformación se plantea como sigue:

$$F_{n-6,R} = M_{n,R} \text{ (Ecuación 3)}$$

donde $F_{n-6,R}$ corresponde a la floración equivalente a las mazorcas cosechadas (M) en el mes n y la región R .

Los resultados de la ecuación 3 muestran la proporción de mazorcas resultantes de la floración en cada semana. Estos datos ignoran la floración que se pierde por *cherelle wilt* y medidas fitosanitarias, debido a que se está simulando solo el crecimiento de las flores que logran convertirse en mazorcas mercadeables. El modelo de Leach *et al.* (2001) pronostica una distribución de mazorcas a diferentes edades durante dos años. Para adaptar este modelo a las

necesidades de este estudio, se modificó el horizonte de tiempo de dos a 10 años, con el fin de representar el horizonte de simulación productivo y socioeconómico propuesto en este estudio.

El modelo de Leach *et al.* (2001) transforma la floración mensual en floración semanal con un factor de 30/7, y luego lo ajusta al año de 52 semanas. El mismo principio se utilizó para todas las regiones del país. Para construir el modelo de mazorca, Leach *et al.* (2001) utilizan el supuesto de que los eventos de floración ocurren cada 7 semanas, con lo cual se distribuyen las proporciones de floración que ocurren cada semana a partir del total de las floraciones anuales.

Para calcular el total de flores producidas por semana se multiplican las proporciones de flores semanales por la cantidad de mazorcas potenciales que se produce en una hectárea/año. La siguiente expresión matemática establece la relación.

$$F_t = F_t^p * M \text{ (Ecuación 4)}$$

Donde F_t es la cantidad de flores producidas en la semana t , F_t^p representa las proporciones de flores producidas en la semana t del total de flores anuales que resultan en mazorcas y M es la cantidad de mazorcas producidas por hectáreas por año.

El proceso de floración continúa en las plantaciones de cacao generando una distribución de mazorcas de diferentes edades. El proceso de crecimiento de las mazorcas se puede describir matemáticamente de la siguiente manera:

$$M_{i,t} = \begin{cases} M_{0,t} = F_t & \text{primera semana} \\ M_{t,i} = M_{t,t-1} & \text{primera semana} + t \end{cases} \text{ (Ecuación 5)}$$

donde i representa la edad de la mazorca. En la semana cero, no hay mazorcas, pero sí las flores emergentes cada semana. De la segunda semana en adelante la cantidad de mazorcas de una edad i es el resultado de las mazorcas de la semana anterior bajo el supuesto que no hay mortalidad (se está simulando solo el crecimiento de mazorcas que logran convertirse en mazorcas mercadeables). Esto implica que en la semana 6, se tendrá un grupo de mazorcas ($M_{i,6}$) con edades de 1, 2, 3, 4 y 5 semanas.

3.2.2. Submodelo epidemiológico

El submodelo epidemiológico consiste en modelar el número de mazorcas que se infectan cada semana en el campo, en función del tiempo y la presencia de inóculo. El mismo depende del nivel de infectividad que tienen las mazorcas. La estimación se realiza a través de dos funciones: la de Gompertz y una curva de infectividad, la cual dependerá de la edad de la mazorca. La elección de

estas funciones se basa en las dos percepciones principales de la enfermedad, las cuales se describen a continuación:

Percepción 1 - un alto número de mazorcas esporuladoras en el campo aumentan la probabilidad de que una mazorca sana se infecte. Evans (1981) estimó 44 millones de esporas por cm², equivalentes a 7 mil millones de esporas en una mazorca madura. El período de latencia dura de 6-10 semanas y depende de la edad de la mazorca en el momento de la infección. Evans (1981) observó que la esporulación ocurre con mucha rapidez (3 a 8 días) después del desarrollo de la lesión. Si no se quitan las mazorcas infectadas permanecen colgando del árbol por mucho tiempo como fuente de inóculo. La mínima fuerza, como una brisa suave, un goteo o una lluvia, desprende las esporas.

Por otro lado, los vientos intermitentes y la convección pueden transportar esporas a grandes distancias (incluso a más de 1 km). Las mazorcas esporuladas siguen siendo infecciosas hasta por 7 meses; después de ese período, hay una fuerte disminución de la infectividad. Sin embargo, 7 meses es suficiente para transmitir la infección entre estaciones productivas. Las esporas en las mazorcas cosechadas en el suelo son altamente infectivas después de un mes, pero disminuye abruptamente durante varios meses. Si la recolección es muy abrupta, se pueden liberar muchas conidias, por lo que el hombre puede ser el principal diseminador.

La función de Gompertz proporciona el ajuste más apropiado para proyectar la progresión de incidencia de moniliasis (Leach *et al.* 2001) Esta función ha sido utilizada ampliamente para describir la dinámica de enfermedades en plantas (Berger 1981; Luke y Berger, 1982; Nutter, 1997; Fargette *et al.* 1994; Zapata *et al.*, 2021). Siguiendo a Leach *et al.* (2001), la función Gompertz para este estudio está representada por la siguiente ecuación:

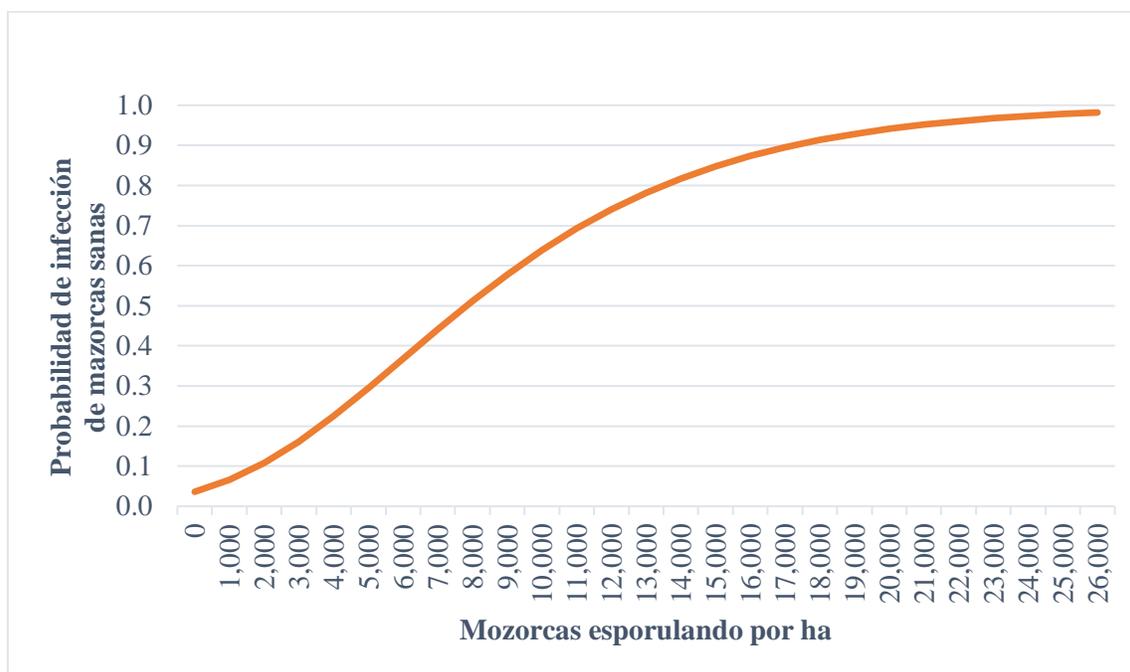
$$\gamma_0 = a + c * \exp^{-\text{Exp}(-b(x-m))} \text{ (ecuación 6)}$$

Donde γ_0 es la probabilidad de que una mazorca sana se infecte, la variable a es la asíntota inferior, c es la asíntota superior, m el número de mazorcas esporulantes donde se da la tasa máxima del crecimiento de γ_0 , b es la tasa de crecimiento de la pendiente de la curva de γ_0 , x es el número de mazorcas esporulantes por hectárea. Los parámetros utilizados por Leach *et al.* (2001) para determinar la probabilidad de infección de las mazorcas sanas dado un número de mazorcas esporulantes está dado por las variables indicadas en el Cuadro 8:

Cuadro 8. Parámetros de la ecuación Gompertz usada por Leach *et al.* 2001 en Costa Rica

Nombre del parámetro	Parámetro	Valores
Límite asintótico inferior	A	0
Límite asintótico superior	C	1
Tiempo de máximo crecimiento*	M	6000
Tasa de crecimiento	B	0.0002

*El tiempo de mayor crecimiento para esta función de Gompertz se da cuando la cantidad de mazorcas esporulando es igual a 6000.



Fuente: Función Gompertz usada por Leach *et al.* (2021) en Costa Rica

Figura 4. Probabilidad de infección de mazorcas de cacao sanas en función de mazorcas esporulando

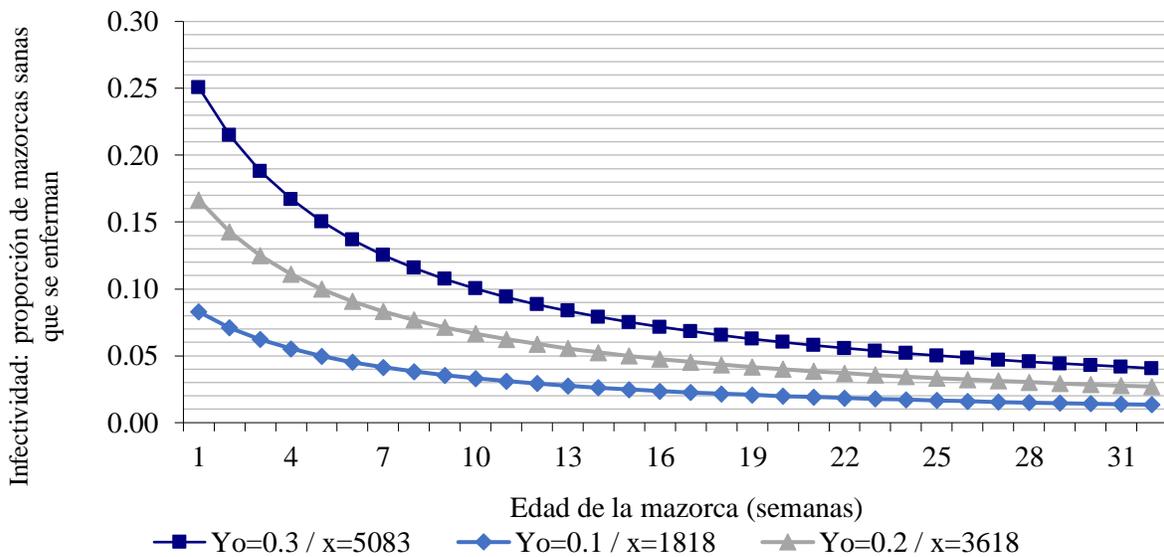
Para diferentes niveles de mazorcas esporulantes la probabilidad de infección cambia en el rango de cero a uno. En la Figura 4 se muestra como la probabilidad de infección de mazorcas sanas incrementa con el número de mazorcas esporulando; a niveles menores de 2000, la probabilidad es baja, a medida que incrementan las mazorcas esporulantes la capacidad de infección incrementa exponencialmente hasta converger asintóticamente a la máxima probabilidad. El modelo Leach *et al.* (2001) asume que la probabilidad de infección en la finca evaluada es de 0,2, lo cual equivale a tener 3622 mazorcas esporulando al inicio de la evaluación. Este supuesto es una limitante del modelo ya que ese valor varía en el tiempo con factores climáticos y manejo agronómico. En el caso de República Dominicana, se debería partir de una mazorca esporulando, capturando así la entrada de la enfermedad.

Percepción 2 - la habilidad de la moniliasis para infectar disminuye con la edad de la mazorca. Evans (1981) observó que la monilia tiene un período de incubación prolongado (de 6 a 10 semanas), lo cual es conocido como la fase latente durante la cual normalmente no es reconocido por un observador de campo; sin embargo, el patógeno está desarrollándose dentro de la mazorca. Por tanto, la probabilidad de infección calculada anteriormente con la función de Gompertz cambiará con la edad de la mazorca. Para realizar este ajuste, Leach *et al.* (2001) utilizan la siguiente función:

$$P_i = \frac{\gamma_0}{1 + (ig)^h} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde P_i es la proporción de mazorcas sanas que se enferman a una determinada edad (i); γ_0 es la probabilidad de infección calculada con la función Gompertz; $(ig)^h$ es la tasa de resistencia de la mazorca a infectarse, la cual varía con la edad de la mazorca. Los parámetros de (g) y (h) son coeficientes de infectividad sugeridos por Leach *et al.* (2001), los cuales tienen valores de 0,2 y 1, respectivamente. Nótese que a medida que la edad de la mazorca incrementa, la tasa de resistencia de la mazorca a infectarse incrementa por 0,2 cada semana, haciendo que la probabilidad de infección baje con la edad de la mazorca. La proporción de mazorcas sanas que se enferman a una determinada edad se visualiza la Figura 5:

Cuanto mayor es la cantidad de mazorcas esporulando, mayor es la probabilidad de infección (γ_0); en consecuencia, la curva de infectividad en función de la edad de la mazorca se vuelve más agresiva a como se presenta en la Figura 5



γ_0 es la probabilidad de infección; X es el número de mazorcas esporulando

Figura 5. Curva de infectividad de la moniliasis en función de la edad de la mazorca de cacao

Por tanto, la distribución de mazorcas infectadas en el tiempo está dado por la siguiente ecuación:

$$I_{t+1,i+1} = (1 - \varphi)[I_{t,i} + (M_{t,i} - I_{t,i})P_i] \quad (\text{ecuación 8})$$

Donde $I_{t+1,i+1}$ es el número de mazorcas infectadas con diferentes edades ($i + 1$) en la siguiente semana ($t + 1$); $M_{t,i}$ es la distribución de mazorcas con diferentes edades (i) en la semana actual (t); $I_{t,i}$ es el número de mazorcas infectadas de diferentes edades (i) en la semana actual. Las mazorcas sanas en la semana actual ($M_{t,i} - I_{t,i}$) se multiplican por la proporción de mazorcas sanas que se infectan (P_i) para obtener la cantidad de mazorcas que se enferman cada semana. Nótese en la Figura 5 que la proporción de mazorcas que se enferman depende del nivel de inóculo presente en la plantación (γ_0) y que las mazorcas más viejas tienen más resistencia a enfermarse de moniliasis que las jóvenes. Las mazorcas que se enferman en la semana actual $(M_{t,i} - I_{t,i})P_i$ se suman al *stock* de mazorcas infectadas $I_{t,i}$ para obtener las mazorcas infectadas de la siguiente semana sin realizar ningún manejo fitosanitario de la moniliasis. Cuando se realiza el manejo de desmonte de mazorcas infectadas, el *stock* infectado de mazorcas se reduce por un factor de eficiencia de la actividad fitosanitaria (φ) con lo cual se calcula la cantidad de mazorcas infectadas luego del manejo fitosanitario ($1 - \varphi$). Por ejemplo, si el productor tiene una eficiencia del 20% removiendo mazorcas infectadas, quedará el 80% al final del periodo cuando se ejecuta la actividad fitosanitaria.

El factor de eficiencia depende de la edad de la mazorca o del número de semanas a la que se detecta la infección. El usuario del modelo puede determinar la frecuencia y eficiencia de las actividades fitosanitarias, lo cual también es afectado por los intervalos de cosecha. El modelo ofrece la flexibilidad de incluir diferentes tasas de maduración para diferentes regiones debido a que la maduración depende del clima y la variedad genética. Por tanto, la edad a la cual se cosecha las mazorcas depende del usuario.

El modelo permite también proyectar las mazorcas cosechadas (R) en función de la eficiencia (θ) que tenga el productor al realizarla; es decir, un productor que cosechó el 70% de las mazorcas maduras tiene una eficiencia de 0,7. El número de mazorcas maduras no infectadas se calcula con la siguiente ecuación:

$$R_{t+1} = \sum_{i=Edad\ Min\ Cos}^{i=Edad\ Max\ Cos} \theta(M_{t,i} - I_{t,i}) \quad (\text{Ecuación 9})$$

Donde $i = Edad\ Min\ Cos$ representa la edad mínima en que las mazorcas se vuelven cosechables y $i = Edad\ Max\ Cos$ es la edad en que las mazorcas dejan de ser cosechables. Las mazorcas que están dentro del grupo cosechable contienen mazorcas sanas e infectadas; por tanto, a las mazorcas

totales el modelo le resta las mazorcas enfermas ($I_{t,i}$). Las mazorcas sanas resultantes $\sum(M_{t,i}-I_{t,i})$ se multiplican por la eficiencia de cosechas.

De manera explícita, el conjunto de ecuaciones anteriores describe cómo la función de infectividad de la moniliasis influye en el número de mazorcas infectadas en el campo y cómo esto afecta las cosechas. También, dependiendo del manejo y eficiencia, podemos cuantificar las mazorcas esporulantes que permanecen en los árboles por cosechas ineficientes o disminuyen un buen manejo y eficiencia de cosechas.

3.3. Metodología para estimar el impacto socioeconómico de la moniliasis a nivel nacional

Para estimar el impacto socioeconómico de la moniliasis se comparó la situación actual (la línea base), proyectada a 10 años, contra el caso hipotético de la llegada de la moniliasis. Entre los indicadores a comparar se encuentran 1) producción de cacao seco, 2) empleos generados por la industria, 3) ingresos del sector primario o a nivel de finca, 4) generación de divisas por concepto de exportación, 5) valor generado en la cadena de valor y 6) contribución a la economía nacional.

3.3.1. Proyección de la línea base:

Para proyectar la línea base se partió de las condiciones actuales de los cacaotales en República Dominicana. Se proyectó la producción y valores monetarios futuros esperados a 10 años bajo los siguientes supuestos:

1) Crecimiento de la densidad de plantas por finca = 3%/año. Actualmente, las plantaciones de cacao en República Dominicana tienen densidades menores a 625 plantas por hectáreas (Medina *et al.* 2021; Cuello *et al.* 2017). Se visualiza que la densidad promedio incrementará en un 3% anual porque: a) existe una cohorte de plantaciones nuevas sembradas a 1120 plantas por hectáreas que aún no ha llegado a su madurez fisiológica; b) existen programas de renovación y rehabilitación que están promoviendo plantaciones con mayores densidades, así como programas de control de sombra y fertilización, ambos enmarcados dentro del Plan de Acción Cacaotero (Medina *et al.* 2021). En consecuencia, este supuesto implica que la densidad poblacional incrementará de 576 a 774 plantas por hectárea durante los próximos 10 años.

2) Crecimiento en productividad = 1%/año. Actualmente, la productividad promedio nacional es de 0,73 kg de cacao seco por planta-año ya que la mayoría de las plantaciones tienen más de 50 años. Se espera que los programas público-privados actuales (PAC) de renovación, fomento y mejora en prácticas agronómicas incrementen la productividad promedio nacional.

Este supuesto implica que la productividad promedio nacional incrementará de 0,73 a 0,81 durante los próximos 10 años.

3) Crecimiento del área en producción = 1%/año. Actualmente, el país tiene 171 875 ha de cacao (CNC 2019). Sin embargo, en una encuesta realiza a técnicos de todo el país, estos estiman que la superficie nacional es de 182 493 ha. Tomando como referencia el área estimada (152,262 ha) durante el último censo realizado (1986), el área cacaotera del país ha estado creciendo entre 0,39% - 0,60%/año. Dado el auge del sector cacao en República Dominicana y los nuevos programas de fomento, se asume que el área de producción crecerá a 1%/año durante los próximos 10 años. Este supuesto implica que las superficies de cacao crecerán de 171,8 a 189,8 mil hectáreas durante los próximos 10 años.

4) Porcentaje de la producción nacional que se exporta a granel (96,5%, según datos estadísticos de la CNC) se mantiene constante en el tiempo. El consumo per cápita de chocolate en República Dominicana es relativamente bajo (Medina *et al.* 2021). Así, la mayor parte del cacao que no es exportado a granel es procesado en licor de cacao, manteca y otros subproductos que son eventualmente exportados.

5) Los empleos totales (directos e indirectos) generados por el sector crece proporcionalmente según la cantidad de cacao producido. Actualmente, el sector genera 350 000 empleos, equivalente a 4,83 empleos por tonelada producida (Cuello *et al.* 2017; Rizek Cacao S.A 2019). Con los supuestos anteriores, se espera que la producción nacional crezca de 72,5-118,9 mil toneladas, en consecuencia, el incremento de empleos es de 350-574 mil durante los próximos 10 años.

6) Precio local que recibe el productor se mantiene constante³ durante los próximos 10 años. La CNC (2020) indica que durante los últimos 10 años el promedio recibido por productor es de 4472 RD\$/qq de cacao seco (1571 US\$/ton). El precio ha variado en el rango de 5503-3127 RD\$/qq, con una desviación estándar de 810.

7) Precio internacional que recibe el exportador se mantiene constante durante los próximos 10 años. Durante los últimos 15 años el precio promedio recibido por el exportador es de 2701 US\$/ton de cacao seco (CNC 2020). El precio ha variado en el rango de 1576-3429 US\$/ton, con una desviación estándar de 455. Este precio representa, en promedio, un *premium* de 11,6% sobre el precio internacional reportado por la ICCO (<https://www.icco.org/statistics/>).

³ Es una limitante asumir que los precios serán constantes en el tiempo. Sin embargo, para los fines informativos de esta tesis, se realizan proyecciones determinísticas considerando que existe un rango posible de resultados basado en la variabilidad histórica.

8) Precio de los subproductos procesados de cacao se mantiene constante durante los próximos 10 años. Durante los últimos 15 años el precio promedio ponderado de estos productos (principalmente manteca, seguido por cocoa, torta, licor y chocolates), es de 4239 US\$/ton de producto (CNC 2020). El precio ha variado en el rango de 2436 - 5824 US\$/ton, con una desviación estándar de 1105.

9) El sector cacao contribuye directamente a la economía nacional a través de la producción primaria, el valor que se genera en la cadena de valor y la generación de divisas por concepto de exportación. El ingreso que recibe el sector primario y el sector exportador se calcula multiplicando la producción nacional por el precio que recibe el productor y el exportador, respectivamente. El valor exportado representa las divisas generadas por el sector cacao a la economía nacional. La diferencia entre los ingresos del productor y la generación de divisas representa el valor agregado que genera la cadena de valor.

10) La contribución del sector cacao a la economía nacional global se calcula bajo el supuesto de que los ingresos del sector cacao (a nivel de exportación), genera un efecto multiplicador en la economía de 1,5 veces. Para determinar la contribución de un sector a la economía nacional se utilizan típicamente multiplicadores económicos. Estos multiplicadores son derivados de las tablas insumo-producto, las cuales representan un marco conceptual simple para entender la interrelación entre los sectores de una economía (Leontief 1985). Los multiplicadores económicos miden tres tipos de efectos: 1) el efecto directo, 2) el efecto indirecto, y 3) los efectos inducidos (Mundy y Purcell 2004). Los efectos directos miden el cambio económico como resultado del incremento o contracción inicial de la actividad económica estudiada. Los efectos indirectos ocurren cuando los productores o compañías que hicieron el cambio en producción cambian los niveles de compra de insumos, cambia el gasto en empleados u otros servicios (p.e., transporte). Los efectos inducidos son los impactos adicionales de los gastos subsecuentes de los trabajadores que proporcionan insumos, servicios o negocian con los productos que genera la industria que realizó el cambio original. Estos multiplicadores económicos no están disponibles para la industria de cacao en República Dominicana, pero sí en otros países. Por ejemplo, Curry *et al.* (2011) determinó, a través de la metodología de (Hustedde *et al.* 1993), que la industria de cacao en una provincia de Papua, Nueva Guinea, tiene un multiplicador económico de 1,47. De forma similar, Aryeetey *et al.* (2002) derivaron, a través del modelo insumo-producto “Matriz de contabilidad social – SAM – por sus siglas en inglés”, un efecto multiplicador de 2,44 para la industria de cacao en Ghana.

El modelo de la línea base fue calibrado para reflejar el comportamiento biológico (producción nacional) y económico (valor de exportaciones) del año 2020. La proyección de producción y exportaciones que inicia en el año 2021 asume los mismos valores del año 2020.

El aporte potencial del sector cacao a la economía nacional durante los próximos 10 años se calcula con la siguiente fórmula:

$$NPV \text{ aporte económico} = \sum_{t=0}^{10} \frac{ValorExp_t * ME}{(1+r)^t} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Donde $ValorExp_t$ equivale a la divisa generada para la economía; ME es el multiplicar económico y corresponde al supuesto de 1,5; r es la tasa de actualización asumida para proyectos sociales en República Dominicana en el sector cacao y t representa tiempo en años.

3.3.2. Proyección del escenario moniliasis

Para proyectar el escenario del cultivo del cacao con moniliasis, el modelo de la línea base se aumenta con un índice de severidad, afectando negativamente la productividad nacional en función de: 1) la evolución del impacto de moniliasis en la productividad de una finca típica y 2) la proporción de fincas que se infectan año tras año. El escenario se proyecta bajo el supuesto pesimista donde los productores y las autoridades nacionales no toman ninguna medida de control, resultando en que la enfermedad se propague sin restricción en todo el país.

(A) Efecto de moniliasis en la productividad a nivel de finca cacaotera

El nivel de infectividad a nivel de finca se proyecta bajo los siguientes supuestos:

- Dispersión silenciosa durante el primer año. Luego que el inóculo se establece exitosamente en una mazorca y lograr completar su ciclo, se desencadena la dispersión de la enfermedad en la finca. Sin embargo, se desconoce la dinámica de dispersión durante los primeros meses o durante el primer año (cuántos árboles o mazorcas se infectan), pero se conoce cómo se dispersa la enfermedad una vez que está establecida según el modelo de (Leach et al. 2001) y los factores que influyen (Leandro Muñoz 2011) en la dispersión. Tomando esto en consideración, se asume que la incubación de la primera espora demora 8 semanas; en la semana 9 empieza la primera dispersión por el viento, ratones y pájaros carpinteros (*Melanerpes striatus*). Durante el primer año ocurren 6 ciclos de esporulación, diseminación e infección. Al final del año, la enfermedad se establece en la finca y llega a un nivel crítico que afecta la productividad.
- Prácticas fitosanitarias para controlar la mazorca negra reducen el inóculo de moniliasis. Se asume que la enfermedad se confundirá con mazorca negra durante los primeros años, reduciendo el nivel de inóculo y, por tanto, su dispersión en finca.
- Rápida caída de la productividad a partir del segundo año. Luego que el inóculo llega al nivel crítico la productividad cae rápidamente.

- Productor sigue cosechando cacao sin manejar la moniliasis. Antes la baja en la productividad se asume que el productor no toma ninguna acción, baja la cantidad de insumos y se dedica a cosechar las mazorcas sanas, desprendiendo las mazorcas maduras enfermas por enfermedades fungosas como la mazorca negra.
- Producción alcanza un mínimo debido a altos niveles de incidencia. Luego de varios años de establecida la enfermedad, la productividad potencial puede bajar hasta alrededor de 80% (Enríquez 1979).

El efecto de la moniliasis en la productividad se captura a través de un índice de severidad a nivel de finca siguiendo una formulación similar a la propuesta por Zapata *et al.* (2021). Este índice es equivalente a la productividad relativa de la plantación en función del momento de infección y la evolución de la enfermedad dentro de la finca. Se calcula a partir de una función logística generalizada (Richards 1959), como se muestra a continuación:

$$Y_t(\text{productividad relativa finca infectada}) = A + \frac{A-k}{(1+Qe^{-Bt})^{1/v}} \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde: A es el valor asintótico máximo (productividad relativa máxima igual a 1); k es el nivel asintótico mínimo (productividad relativa mínima que varía entre 0,1 y 0,3, dependiendo del escenario supuesto); $A-k$ representa la caída máxima de productividad cuando se alcanza el mayor nivel de severidad de la enfermedad. t representa el tiempo en fracción de año como *proxy* de severidad, donde cada año es dividido en 100 partes para reflejar continuidad y el progreso de la enfermedad en ausencia de estrategias de control; e es el número irracional y trascendental 2.718281828459; B es la tasa de crecimiento; v determina cuando se da el mayor cambio en crecimiento o la cercanía de este a los valores asintóticos — cuanto mayor es v , más rápido cae la productividad relativa máxima; Q está relacionado con el valor inicial de la severidad de la enfermedad, a menor es Q , más rápido se ve afectada la productividad relativa.

(B) Dispersión de la enfermedad a nivel nacional

A la fecha no se han construido modelos para entender la dispersión de la enfermedad a nivel de un país. Sin embargo, existen anécdotas documentadas que permiten determinar cuánto tiempo se demoró la enfermedad hasta que todas las regiones de un país estaban infectadas. Por ejemplo, en Costa Rica la enfermedad fue descubierta en el 1978, observándose que en 6 meses la enfermedad estaba distribuida en las plantaciones que estaban a largo de la carretera de Pandora hacia Panshurst y en la rivera de río Estrella; luego, en un lapso de dos años la enfermedad estaba presente en todas las zonas (Villegas y Enríquez 1979; Galindo 1985).

Para proyectar la evolución de la enfermedad, se utiliza la función logística generalizada por su flexibilidad en la modelación de escenarios comparado con el modelo Gompertz.

$$X_t(\text{proporción de fincas infectada}) = I + \frac{I - F}{(1 + Qe^{-Bt})^{1/\nu}} \quad (\text{Ecuación 12})$$

donde I es el valor asintótico inicial (proporción de fincas infectadas igual a cero); F es el nivel asintótico final (proporción de fincas infectadas con moniliasis igual a 1); la expresión $(1 + Qe^{-Bt})^{1/\nu}$ determina qué tan rápido la enfermedad se hace endémica en todas las regiones productoras en el país. A mayor es B , más rápida la propagación de la enfermedad; a mayor es ν más rápido se llega al crecimiento máximo de propagación de la enfermedad; Q está relacionado inversamente con el valor inicial del inóculo, cuanto menor es Q , más rápido se levanta la proporción de finca infectas.

(C) Proyección del índice de severidad de la moniliasis a nivel nacional

El índice de severidad de la moniliasis a nivel nacional ($Isev$) se define como el factor que afecta la productividad potencial nacional. Así, valores de 1 implica que la severidad es nula, mientras que un índice de 0,3, indica que bajo ese nivel de severidad solo se obtendría el 30% de la productividad potencial del sector. Este índice se calcula con la ecuación 13:

$$Isev = X_t * Y_t \quad (\text{Ecuación 13})$$

Para fines de comparación, el índice de severidad es contrastado con los cambios en producción relativa que han experimentados los 14 países donde la moniliasis está presente. De esta forma, el índice es validado con datos reales; el cambio de la producción relativa nacional por moniliasis se calcula a partir de los datos obtenido de FAOSTAT. Dichos datos son estandarizados de la siguiente manera: 1) el año cuando se introduce la enfermedad se hace cero y 2) ese año el nivel de producción se estandariza a 1. Luego de estandarizados, se analizaron los datos visualmente 5 años antes y 20 años después de la entrada de la moniliasis al país. Los datos estandarizados permiten entender con mayor claridad la severidad de la moniliasis en un país.

(D) Proyección de indicadores socioeconómico en el escenario moniliasis

Los indicadores productivos y socioeconómicos del escenario moniliasis (producción nacional, generación de empleos, ingresos sector primario, generación de divisas, valor agregado y contribución económica a la economía nacional), se calculan de igual manera que se calculó en la línea base. El escenario moniliasis difiere del modelo normal en ausencia de moniliasis en el modelo de producción potencial (ProdPot), el cual es afectado por el índice de severidad como se presenta en la siguiente ecuación. Como resultado se obtiene la producción nacional bajo el escenario moniliasis (ProdMon):

$$ProdMon_t = ProdPot_t * Isev_t \quad (\text{Ecuación 14})$$

4. Resultados

4.1. Factores críticos que favorecen el establecimiento y dispersión de la moniliasis

Los factores estudiados que influyen directa e indirectamente en el establecimiento y dispersión de la moniliasis son: 1) periodicidad de cosecha de mazorcas; 2) frecuencia de asistencia técnica; 3) nivel de asociatividad; 4) edad de los productores; 5) tenencia de la tierra; 6) acceso a créditos competitivos; 7) nivel de tecnificación de las fincas; 8) labores de podas realizadas por los productores; 9) nivel de sombra de las plantaciones; 10) fertilización en las plantaciones; 11) edad de las plantaciones; 12) cantidad de instituciones públicas y privadas que dan asistencia técnica; 13) tamaño de las fincas; 14) tipo de suelo según su textura; 15) rehabilitación y renovación de plantaciones; 16) susceptibilidad de los clones a *Moniliophthora*; 17) compatibilidad de los clones; 18) presencia de aeropuerto, puerto y puesto fronterizo; 19) variables climáticas, tales como temperatura, humedad relativa, precipitación y velocidad del viento; 20) conocimiento para controlar enfermedades fungosas; 21) nivel de escolaridad de los productores. A continuación, se detallan los resultados de las variables estudiadas a partir de consultas a expertos, fuentes bibliográficas, talleres, mesas redondas y visitas a fincas en todo el país.

Periodicidad de cosecha de mazorcas. En República Dominicana la frecuencia de cosecha, mayormente, se realiza cada 15 días. Sin embargo, existió un grupo limitado de fincas (menos del 20% del total) que realizan cosechas mensuales y/o semanales (Anexo 1). La periodicidad de la cosecha depende de las características de las variedades cultivadas, factores climáticos, precios, distancia de la finca con relación al hogar del productor, entre otras (Batista 2009; Johnson *et al.* 2008). Cuanto mayor es la frecuencia de cosecha, menor sería la presencia del inóculo en la finca y menor la probabilidad de dispersión de la enfermedad a nivel regional. Las regionales Este y Nordeste tienen mayor proporción de productores que cosechan mensualmente, lo cual favorecería la dispersión de la enfermedad comparado con las otras regionales.

Frecuencia de asistencia técnica. La frecuencia de la asistencia técnica se realiza, mayormente, con una periodicidad semanal o quincenal y en menor medida mensual Anexo 2. Las principales instituciones que brindan asistencia técnica a los productores de cacao son el Ministerio de Agricultura (MA) y las casas exportadoras. El MA, por ser el órgano gubernamental rector del sector agropecuario nacional, formula y dirige las políticas del sector, y por ende tiene mayor cobertura y alcance con los productores en comparación con las casas comerciales. Este resultado contrasta con otros países en la región, por ejemplo, México (Cuevas *et al.* 2016). Las casas comerciales tienen su incidencia más sectorizada (por regional) y manejan grupos de productores específicos, proporcionándoles asistencia técnica y apoyo financiero. Las regionales con más instituciones que dan apoyo a los productores son la Nordeste y Central, seguidas de la Este y Norte. A mayor cobertura y frecuencia de la asistencia técnica por regional, mayor conocimiento tienen los productores para el manejo y control de enfermedades y un monitoreo efectivo para identificar y contener a tiempo la moniliasis.

Nivel de asociatividad. En todas las regionales se evidencia que los productores de cacao tienen un nivel de asociatividad de 77%, la cual se considera alta (Anexo 3). Estos resultados coinciden con las opiniones de gerentes de casas comerciales, los cuales aseguran que los productores a nivel nacional se encuentran asociados en más de un 75%. Este alto grado de asociatividad se debe a las ventajas que le permiten al productor recibir mayor transferencia de tecnología, asistencia técnica, mejores precios y aumentar su capacidad de negociación. Esta postura tiene similitud con la planteada por (González Vásquez 2018), quien dice que la asociatividad influye significativamente en el desarrollo económico de los productores; dicho de otra manera, contribuye a incrementar los ingresos en dos sentidos, mejorando los precios y disminuyendo los costos de producción de cacao. En tal sentido, proporciona herramientas a los productores que les permiten tener sus plantaciones bien manejadas.

Edad de los productores. La mayor parte de los productores tienen una edad igual o superior a los 55 años (58%) y una proporción menor están en el rango de 45-55 años (10-25%) (Anexo 4). Según algunos jóvenes consultados, esta situación se da porque los “padres no les dan participación en la toma de decisión en la administración de las plantaciones ni de los beneficios económicos, ya que solo se le usa como un trabajador más”. Los resultados coinciden con los estudios de Deheuvels (2015), *Cuello et al.* (2017) y Medina *et al.* (2021), quienes encontraron que los productores dominicanos tienen una edad superior a 50 años, situación que coloca a todas las regionales en un alto grado de vulnerabilidad alta pues un productor de edad avanzada no tiene la misma capacidad de trabajo para hacer frente a la eventual llegada de una enfermedad.

Tenencia de la tierra. Entre el 40 - 70% de los productores de cuatro de las regionales (Este, Central, Norte y Norcentral), son propietarios de las parcelas que cultivan, pero la mayoría (35-75%) no poseen el título legal del terreno. La regional Nordeste es la única donde el 60% de sus productores tienen el documento de legalidad de sus parcelas (Anexo 5), debido a que les fueron facilitados en visitas realizadas a las comunidades por el presidente de la República en el período 2012-2020. Contar con el referido título facilita el acceso a recursos financieros y a certificaciones que agregan valor a la producción. Según Matlick *et al.* (2016), en República Dominicana “hay una falta generalizada de títulos de propiedad físicos en poder de los cacaocultores”. A partir de estos resultados se visualizan que la única regional donde los productores pueden acceder a diversos mecanismos de financiamiento por su título, es la regional Nordeste, lo que la convierte en la mejor preparada para enfrentar la eventual aparición de una enfermedad como la moniliasis.

Acceso a crédito competitivos. Cada regional cuenta con al menos tres instituciones que mantienen una cartera de préstamos para que los productores realicen labores de fomento, mantenimiento y rehabilitación de las fincas. Las más comunes son Bagrícola (Banco Agrícola), casas exportadoras (CONACADO AGROINDUSTRIAL, RIZEK CACAO, ROIG AGRO CACAO, BIOCAFCAO y YACAO) y cooperativas (COOPROAGRO, APROCACI y COOPNACADO). En el Anexo 6 se presentan más detalles. En el caso particular del Banco Agrícola, se creó un producto financiero a una tasa privilegiada de cero intereses para el fomento

de 6250 hectáreas y para las rehabilitación-mantenimiento de 12 500 ha. No obstante, los productores tienen mayor preferencia por créditos de las casas exportadoras ya que el único requisito que exigen es el derecho de comprar las cosechas. Hay que destacar que Bagrícola y Banco Adopem tienen cobertura a nivel país; mientras las casas exportadoras y cooperativas tienen cobertura regional y otras instituciones incidencia local.

Nivel de tecnificación en las fincas. El nivel de tecnificación de las plantaciones de cacao es bajo en todo el país. Esto se debe a que las fincas cultivan materiales genéticos de rendimientos bajos, susceptible a las principales enfermedades del cacao (*Phytophthora*, *Moniliophthora roreri* y *Crinipellis pernicioso*) y reciben manejo agronómico tradicional (Anexo 7). Con la declaración del cacao como cultivo de alta prioridad nacional, mediante el decreto 641-20, se elaboró un plan de acción cacaotero donde una de las principales preocupaciones coincide con la escasa o nula tecnología aplicadas por los productores en sus fincas; en tal sentido, se ha propuesto el fortalecimiento del sistema de acompañamiento técnico, con miras a transferirles de manera eficiente las nuevas tecnologías. El bajo nivel de tecnificación facilitaría el establecimiento y dispersión de la enfermedad.

Labores de podas realizadas por los productores. En las regionales bajo estudio, más de un 70% de los productores podan el cacao, con excepción de la Este, donde apenas el 20% realiza esta labor. Cabe resaltar que esta actividad se efectúa de manera irregular (Anexo 8). Los tipos de podas identificados en las regionales fueron: 1) poda de formación, 2) poda de mantenimiento, 3) poda de rehabilitación y 4) poda fitosanitaria. La poda de formación se realiza todo el año, mientras que la poda de rehabilitación y fitosanitaria se practican en los meses de julio-agosto. Según Deheuvels (2015) en la regional Nordeste y Este, la única práctica de poda conocida por los productores es una mezcla de mantenimiento (alivio del dosel y eliminación de las ramas) y sanitaria (eliminación de las ramas enfermas o muertas). Para obtener un control fitosanitario efectivo, es necesario realizar podas periódicas al cacaotal, según las condiciones de clima y exigencias del cultivo. En tal sentido, se evidencia que la regional Este es la más vulnerable para el establecimiento de una enfermedad, por ser la que menos labores de poda realiza.

Nivel de sombra en las plantaciones. El panel de expertos en las principales regionales productoras de cacao afirmó que existe exceso de sombra (más del 70%) en todas las plantaciones, dado que los productores además de realizar podas deficientes al cacao no podan los árboles de sombras. Esta situación también fue observada en visitas a las fincas en todas las regionales. Esta realidad crea el ambiente propicio para el establecimiento y desarrollo de la moniliasis en las fincas de República Dominicana.

Fertilización en las plantaciones. En las regionales estudiadas, solo un 5% de los productores fertilizan sus parcelas, para lo cual disponen de un programa basado en gallinaza y la fórmula 15-15-15 (Anexo 9 y Anexo 10). Los productores informaron que las aplicaciones se realizan desde el año 1 hasta el 4; de ahí en adelante no se aplica enmienda a los cacaotales. La falta de un plan de fertilización efectivo de los cacaotales resulta en plantaciones con bajo vigor y escasa resistencia natural, lo que permitiría un fácil acceso para el establecimiento de la enfermedad; por tanto, esta

deficiencia a nivel nacional suma al riesgo latente que tienen todas las plantaciones de República Dominicana.

Edad de las plantaciones. En las regionales estudiadas las plantaciones de cacao, en su mayoría, son viejas, pues más del 58% tienen más de 50 años (Anexo 12), situación que según (Córdova-Avalos et al. 2001) incide de manera directa en la baja productividad. Esta realidad es preocupante para todas las regionales debido a que la edad avanzada de las parcelas junto con una posible entrada de la moniliasis al país, podría ser la causa del abandono total de los predios agrícolas.

Tamaño de las fincas. La regional Este es la que concentra la mayor cantidad de pequeños productores (75%) que tienen fincas menores a 1,6 ha. Sin embargo, en la regional Norcentral es donde se muestra mayor variación de tamaños de fincas (pequeño, mediano y grande) (Anexo 13). Estos resultados son similares a los de Batista (2009) presentados en su guía técnica “El Cultivo de Cacao”, donde establece que el tamaño promedio de las plantaciones de cacao de República Dominicana es de 3 hectáreas, y que la mayoría de las fincas tienen entre 2-5 hectáreas; resultado que concuerdan con el del grupo Rizek Cacao S.A.S. en su publicación del 2016 “Cacao en la RD”.

Conocimiento para manejar enfermedades fúngicas. Entre el 55-90% de los productores de cacao tienen un nivel de conocimiento bajo para manejar las enfermedades fúngicas; sin embargo, este panorama cambia en la regional Norcentral, en la cual, según los técnicos, los productores muestran un dominio medio al momento de realizar el control de estas enfermedades (Anexo 14). La realidad es muy preocupante y queda evidenciado que frente a un brote de moniliasis los productores de República Dominicana no serían capaces de implementar prácticas dentro del cultivo que tiendan a minimizar los daños. La información se constató en diferentes recorridos realizados en plantaciones, donde el principal daño es causado por *Phytophthora palmivora*.

Suelos predominantes según textura por regional. Los suelos que predominan en las zonas cacaoteras son francos arcillosos (Nordeste y Este) y francos limosos (Central, Norte y Norcentral) (Anexo 15), los cuales son ideales para el buen desarrollo del cultivo por su capacidad de retención de humedad y buena fertilidad. Sin embargo, los suelos arcillosos si no se manejan de forma adecuada tienden a encharcarse y, por ende, son idóneos para el desarrollo de enfermedades fúngicas, mientras que los francos limosos no tienen problema de drenaje.

Rehabilitación y renovación de plantaciones. En las diferentes regionales hay más de 90 mil ha que requieren ser renovadas y 25 mil hectáreas que necesitan ser rehabilitadas (Anexo 16). Estas líneas, junto al fomento, son las que tienen mayor presupuesto (más RD\$ 2,8 millones) para desarrollarse dentro del PAC-2021-2025 (Medina et al. 2021). Para esto hay una amplia mezcla de clones locales e introducidos distribuidos en el país que pueden ser usados de forma combinada para aumentar la productividad y la tolerancia a enfermedades del cacao. Mientras mayor es la superficie (ha) que necesita renovación y rehabilitación, mayor será el impacto de una enfermedad. Las regionales Nordeste y Este son las que más presentan la problemática.

Susceptibilidad de los clones dominicanos a *Moniliophthora roreri*. En el Cuadro 9 se presentan los clones de cacao presentes en República Dominicana, organizados de más frecuentes a menos. El nivel de susceptibilidad de estos clones se especifican como R (resistente), MR (moderadamente resistente), T (tolerante), MT (moderadamente tolerante), S (susceptible), MS (moderadamente susceptible). Analizando el Cuadro 9, se observa que los clones IMC-67 y ICS-95 muestran resistencia a la enfermedad (recuadros color verde); mientras que los clones UF-613, UF-667, UF-29, TSH-565 y POUND 12, muestran una resistencia moderada (recuadros color azul) y los clones ML-22,102,103,106 y ICS-39 resultan susceptibles (recuadros color rojo) (Ramírez- Argueta 2019) (Informe de CATIE a la CNC). La existencia de clones susceptibles a la moniliasis coloca a las plantaciones de República Dominicana con alto grado de vulnerabilidad frente a su llegada, debido a que la tolerancia genética parece ser la estrategia más prometedora para hacer frente a la enfermedad (Somarriba 2013).

Compatibilidad. En el Cuadro 9 se presenta la compatibilidad de los clones de República Dominicana. Como se observa los clones ML-22,105,106, ICS-1,UF-221 y UF-29 (recuadros color café) son autocompatibles (AC); sin embargo los clones ML-44,IMC-67,ICS-95,ICS-39,ICS-40,UF-613,UF-667, TSH-565 y POUND-12 (recuadros en amarillo), son autoincompatibles (AI) (Gómez 2021; Ramírez- Argueta 2019). La autocompatibilidad de los clones permite asumir que hay mayor susceptibilidad de transmisión de enfermedades, mientras que la autoincompatibilidad indica un riesgo menor.

Cuadro 9. Susceptibilidad y compatibilidad de los clones de cacao presentes en República Dominicana frente a *Moniliophthora roreri*

Variedades	Susceptibilidad						Compatibilidad	
	R	MR	T	MT	S	MS	AC	AI
ML-22								
IML-44								
ML-105								
ML-102								
IMC-67								
ML-106								
IML-53								
ML-67								
ML-103								
ICS-95								
ICS-39								
ICS-40								
ICS-1								
UF-613								
UF-667								
UF-221								
UF-29								

TSH-565									
POUND-12									

R (resistente); MR (moderadamente resistente); T (tolerante); MT (moderadamente tolerante); S (susceptible); MS (moderadamente susceptible); AC (auto-compatibles) y AI (autoincompatibles).

Presencia de aeropuerto, puerto y puesto fronterizo. En las regionales que participaron en el estudio hay existencia de aeropuerto y puerto con excepción de la Norcentral. Ninguna tiene puesto fronterizo en sus inmediaciones; las regionales Este, Central y Norte cuentan con dos aeropuertos; mientras que la mayor cantidad de puertos están en la regional Central y Este con tres y dos respectivamente (Anexo 17). República Dominicana es un país eminentemente turístico y tiene gran presencia de turistas de todo el mundo, muchos de ellos interesados en la actividad cacaotera por su trayectoria y fama a nivel mundial. Estos hechos la hacen vulnerable para un posible ingreso de la moniliasis, por lo tanto, los aeropuertos, puertos y puestos fronterizos serán los puntos en donde se deben enfatizar las acciones de vigilancia, monitoreo, prevención y control. Con esta información se evidencia que la regional Central y Este son las más vulnerables, por tener la mayor cantidad de aeropuertos y puertos cercanos.

Variables climáticas. En el Cuadro 10 se muestran los promedios mensuales de las variables climáticas por regional. Se observa que la precipitación promedio oscila entre 50,55 y 80,13 milímetros mensuales. Con relación a la temperatura media, la mayor se registra en la regional Este con 26,67°C y las temperaturas máximas y mínimas son 30,04 y 21,83°C, respectivamente. La humedad relativa oscila entre 75,12 y 73,32%. Por último, la mayor velocidad del viento se da en la regional Este con 3,4 km/h. El rango de temperatura comprendido entre 22-27°C, resulta favorable para la germinación, esporulación y establecimiento del hongo *Moniliophthora roreri*, así como la precipitación media por regional (Phillips Mora 2019; Suárez Capello 2018); además, la posición de República Dominicana con relación a las rutas de los huracanes podría resultar favorable a la propagación de la moniliasis en las fincas. Estos datos muestran que las condiciones climáticas son favorables para el establecimiento, desarrollo y diseminación de la moniliasis en las diferentes regionales del país. Según las variables, la regional Este es la más vulnerable, seguida de la Norte y Norcentral.

Cuadro 10. Registro histórico mensual de variables climáticas para el periodo 1989-2019 en las regionales de cacao, República Dominicana

Regional	VARIABLES	Precipitación (mm)	Temp. promedio (°C)	Temp. Máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	Humedad relativa (%)	Velocidad del viento (km/hora)
Nordeste	Media	64,49	25,53	30,04	22,38	74,57	1,77
	σ	1,43	1,76	1,92	1,99	6,03	0,59
	CV	0,02	0,07	0,06	0,09	0,08	0,33
Este	Media	80,13	26,67	29,88	24,35	74,36	3,41
	σ	1,88	1,39	1,64	1,57	5,83	1,14
	CV	0,02	0,05	0,06	0,06	0,08	0,33
Central	Media	50,55	25,46	30,37	21,97	73,32	1,91
	σ	1,14	1,75	1,91	1,91	6,65	0,51
	CV	0,02	0,07	0,06	0,09	0,09	0,27
Norte	Media	74,22	24,91	29,27	21,89	75,12	2,25
	σ	1,94	2,07	2,07	2,61	6,21	0,91
	CV	0,03	0,08	0,07	0,12	0,08	0,41
Norcentral	Media	75,20	24,98	29,46	21,83	74,73	2,14
	σ	1,83	1,85	1,97	2,37	6,39	0,86
	CV	0,02	0,07	0,07	0,11	0,09	0,40

En el Cuadro se muestran las estadísticas descriptivas de las variables climáticas por regional, mostrando promedio, desviación estándar (σ) y coeficiente de variación (CV). El coeficiente de variación calculado tomando la desviación estándar/media global. Un coeficiente de 0,02 indica que los valores de la media varían 2% de su valor arriba o debajo de la media.

Vigilancia de los puntos de entradas al país. Las consultas realizadas en las principales regionales productoras de cacao indicaron que República Dominicana tiene controles deficientes en los aeropuertos, puertos y puestos fronterizos; situación debida al desconocimiento que tienen los inspectores cuarentenarios sobre la moniliasis.

Superficie de siembra por regional. El diagnóstico realizado en las principales regionales productoras de cacao indicó que en la actualidad hay 182 493 ha sembradas. El 57,60% de esa superficie se ubica en la regional Nordeste, mientras que en la regional Norcentral se localiza un 678%. Según la CNC (2019), el país cuenta con 171 875 ha en las cinco principales regionales de cacao del país. Dentro del diagnóstico también se encontró que los rendimientos de cacao difieren por regional con un rango de 300 a 1000 kg/ha/año de grano seco (Cuadro 11). A mayor concentración de plantaciones contiguas en una zona específica, mayor facilidad de dispersión de la enfermedad, por tanto, la región Nordeste es más susceptible al establecimiento y dispersión de la misma.

Cuadro 11. Superficie de cacao y productividad (moda, máxima y mínima) por regional, República Dominicana

Regional	Superficie en hectárea	Porcentaje	Productividad kg/ha		
			Máxima	Mínima	Moda
Nordeste	105 105	57,60	907	363	508
Este	25 500	13,97	700	360	450
Central	22 016	12,06	1018	327	509
Norte	17 500	9,59	567	309	364
Norcentral	12 372	6,78	907	363	472
Total	182 493	100			

Productividad de cacao mensual por regional en kg/ha. Los períodos donde hay una mayor productividad son marzo-junio y noviembre-diciembre, debido a que corresponden a los de cosechas pronunciadas en el país (Figura 6).

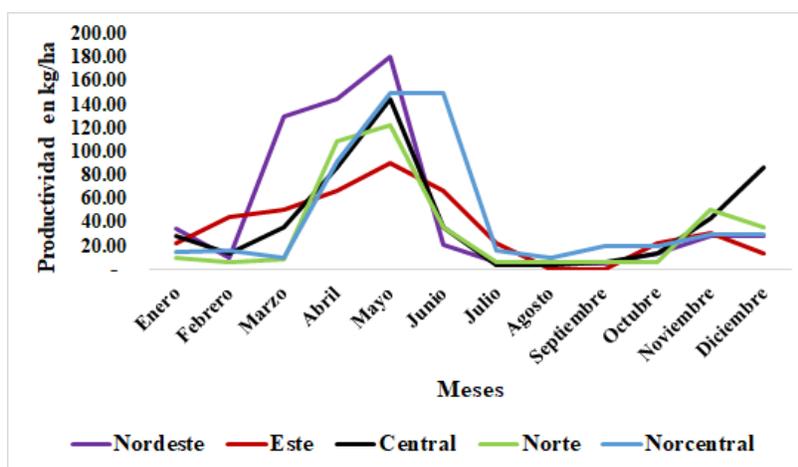


Figura 6. Productividad mensual (kg/ha) de mazorcas de cacao por regional, República Dominicana

Eficiencia de cosecha. La eficiencia de cosecha en todas las regionales del país está por encima del 80%. La mejor eficiencia la tienen las regionales Norte y Central con un 95%; la regional Este tiene el valor menor con un 80%, lo cual se debe al manejo inadecuado de la altura de las plantaciones (Anexo 18).

Pérdidas anuales en producción causada por *Phytophthora palmivora* y roedores. De acuerdo con el diagnóstico que se realizó en las cinco principales regionales de cacao de República Dominicana, las pérdidas en producción por ataque de roedores están por debajo del 25%; este resultado guarda relación con el de Rizek (2002) citado por González y González (2007), que afirma que en el 2002 las pérdidas por ratas fueron de un 20% (300000 qq), mientras que por *Phytophthora palmivora* son inferiores al 18%. Estas pérdidas, según Batista (2009), están entre las principales causas de la baja productividad que predomina en las plantaciones de cacao.

Elevación de las plantaciones. Las plantaciones de cacao de las principales regionales (Nordeste, Este, Central, Norte y Norcentral) se encuentran establecidas desde los 20 hasta los 700 msnm. Se estima que la mayoría de las fincas se encuentran entre 79-400 msnm. La moniliasis se adapta a un rango amplio de altitud (0 - 1520 msnm), y las mayores incidencia se dan en zonas bajas con períodos húmedos y calientes (Phillips Mora 2019; Bateman *et al.* 2005). Por tanto, la elevación de las plantaciones en el país la colocan en una franja de riesgo ante la moniliasis.

4.2. Índice de vulnerabilidad de las regionales frente a la moniliasis

Vulnerabilidad frente al entorno. Los valores del índice de vulnerabilidad a la moniliasis debido al entorno se presentan en el Cuadro 12. Como se observa, la regional más vulnerable es la Norte (índice de 0,67), seguida de la Central (0,61), mientras que la Nordeste es la menos vulnerable (0,44). Las regionales Norte y Central necesitan fortalecer la presencia de la asistencia técnica, el relevo generacional e implementar iniciativa que permitan a los productores obtener sus títulos de propiedad.

Cuadro 12. Índice de vulnerabilidad frente al entorno de plantaciones de cacao según regionales, República Dominicana

Temática	Variables	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Entorno	Periodicidad de acompañamiento técnico	1	1	3	3	1
	Cantidad de instituciones públicas y privadas que brindan asistencia	1	1	1	2	2
	Asociatividad	1	1	1	1	1
	Edad de los productores	3	3	3	3	3
	Tenencia de la tierra	1	2	2	2	2
	Instituciones que apoyan con financiamientos a los productores	1	1	1	1	1
	Índice entorno (0,33-1,0)	0,44	0,50	0,61	0,67	0,56

1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto

Vulnerabilidad por manejo de finca deficiente. El índice de vulnerabilidad dado al manejo de finca específica que las regionales con mayores riesgos para el establecimiento y dispersión de la enfermedad son las regionales Nordeste y Este, ambas con un índice de 0,78 (Cuadro 13). Los resultados evidencian el mal estado en que se encuentran las fincas por no implementar prácticas de mantenimiento adecuadas.

Cuadro 13. Índice de vulnerabilidad por manejo de finca cacaotera según regional, República Dominicana

Temática	Variables	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Manejo de finca	Buenas prácticas agrícolas	2	2	2	2	2
	Edad de la plantación	3	3	3	3	3
	Manejo de enfermedades fungosas	3	3	3	3	2
	Textura del suelo	2	2	1	1	1
	Rehabilitación y renovación de plantaciones	2	2	2	1	2
	Periodicidad de cosecha	2	2	2	2	2
Índice manejo de finca (0,33-1,0)		0,78	0,78	0,72	0,67	0,67

1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto

Vulnerabilidad de germoplasma. El índice de vulnerabilidad por germoplasma evidencia que todas las regionales, excepto la Nordeste, poseen clones muy susceptibles a la moniliasis; mientras que los clones autoincompatibles están presentes en la regionales Nordeste, Central y Norte (Cuadro 14).

Cuadro 14. Índice de vulnerabilidad de las plantaciones cacaoteras debido a la susceptibilidad del germoplasma según regional, República Dominicana

Temática	Variables	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Germoplasma	Diversidad genética	2	2	1	3	1
	Compatibilidad de los clones	1	2	1	1	2
	Tolerancia	1	3	3	3	3
	Índice germoplasma (0,33-1,0)	0,44	0,78	,,56	0,78	0,67

1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto

Vulnerabilidad de puntos de entradas al país: En las regionales donde se realizó el estudio no hay puesto fronterizo y con relación a la existencia de puerto y aeropuerto, la única regional que no tiene es la Norcentral (Cuadro 15).

Cuadro 15. Índice de vulnerabilidad por punto de entradas posibles de la moniliasis por regional, República Dominicana

Temática	Variables	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Punto de entrada al país	Puerto	3	3	3	3	2
	Aeropuerto	3	3	3	3	2
	Puesto fronterizo	1	1	1	1	1
	Índice entrada al país (0,33-1,0)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,56

1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto

Vulnerabilidad de clima. El índice de vulnerabilidad de clima evidencia que hay condiciones de temperatura promedio idónea en todas las regionales para el establecimiento de la moniliasis, y condiciones de humedad relativa y precipitación favorables (Cuadro 16); en tal sentido son limitadas las acciones que se pueden realizar para acondicionar el clima, lo que indica que es necesario trabajar con el establecimiento de variedades tolerantes. Prácticas culturales como manejo de sombra y podas, también podría reducir la humedad relativa dentro de las plantaciones.

Cuadro 16. Índice de vulnerabilidad de plantaciones de cacao por clima favorable a la moniliasis según regional, República Dominicana

Temática	Variables	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Clima	Temperatura promedio	3	3	3	3	3
	Humedad relativa	2	2	2	2	2
	Precipitación	2	2	1	2	2
	Velocidad del viento	1	3	1	2	2
	Índice clima (0,33-1,0)	0,67	0,83	0,58	0,75	0,75

1= métrica de la variable que presenta menor riesgo; 2=riesgo intermedio y 3= riesgo alto

Índice global de vulnerabilidad. Los resultados obtenidos de los diagnósticos realizados en las regionales, sustentó la base para la creación del índice global de vulnerabilidad, el cual se sustentó en el promedio de los cinco índices. Los índices mayores (0,70 y 0,69) corresponden a las regionales Norte y Este, respetivamente (Cuadro 17). Según el grado de vulnerabilidad, ambas regionales tienen riesgo alto para la entrada, establecimiento y dispersión de la enfermedad. Las demás regionales tienen un grado de vulnerabilidad medio.

Cuadro 17. Índice global de vulnerabilidad de las regionales productoras de cacao a la moniliasis según regionales, República Dominicana

Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Índice entorno (rango 0,33-1,00)	0,44	0,50	0,61	0,67	0,56
Índice manejo de finca (rango 0,33-1,00)	0,78	0,78	0,72	0,67	0,67
Índice germoplasma (rango 0,33-1,00)	0,44	0,78	0,56	0,78	0,67
Índice punto de entrada al país (rango 0,33-1,00)	0,56	0,56	0,56	0,56	0,33
Índice clima (rango 0,33-1,00)	0,67	0,83	0,58	0,83	0,75
Índice global de vulnerabilidad (rango 0,33-1,00)	0,58	0,69	0,61	0,70	0,60

*Grado de vulnerabilidad: Alto=0,65 -1; Medio=0,45-0,64; Bajo= 0,33-0,44

4.3. Modelo epidemiológico adaptado a República Dominicana

Este estudio generó el primer modelo epidemiológico adaptado a las condiciones de República Dominicana, partiendo del modelo desarrollado por Leach *et al.* (2001). El modelo de mazorca se desarrolló a través de los valores de productividad mensual (kg/ha), recolectados para cada regional. Los datos de productividad se visualizan en el Cuadro 18. Nótese que la productividad máxima por hectárea se obtiene durante los meses de abril y mayo, representado 20 y 27%, de la productividad promedio nacional. Por el contrario, la productividad mínima se obtiene durante los

meses de julio a septiembre. La regional con mayor productividad anual es la Nordeste con 615,52 kg/ha, seguida por la Norcentral con 560 kg/ha. El promedio nacional, según las consultas realizadas en todo el país, es de 509 kg/ha, lo cual contrasta con la productividad anual reportada por Cuello *et al.* (2017).

Cuadro 18. Productividad mensual de cacao en kg/ha por regional, República Dominicana

Mes	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Ene	35,2	22,56	28,96	10,88	15,04
Feb	10,88	45,12	14,56	7,2	16,96
Mar	130,56	67,68	36,32	8,64	10,08
Apr	145,12	67,68	87,04	108,8	92
May	181,44	90,24	145,6	123,36	150,08
Jun	21,76	67,68	36,32	36,32	150,08
Jul	7,2	22,56	3,68	7,2	16
Aug	5,44	0	3,68	7,2	10,08
Sep	5,44	0	7,2	7,2	20
Oct	14,56	22,56	14,56	7,2	20
Nov	28,96	31,52	43,52	50,72	30,08
Dec	28,96	13,44	87,04	36,32	30,08
Total kg/ha/año	615,52	451,04	508,48	411,04	560,48

Fuente: elaboración propia con resultados de las consultas realizadas a nivel nacional. Proporción promedio es un indicador para visualizar en que mes se da la mayor productividad. Se calcula dividiendo la productividad mensual promedio entre la productividad anual promedio.

Siguiendo el planteamiento metodológico, se calculó el patrón de floración mensual a partir de la productividad mensual por hectárea. Los resultados indican que los meses donde hay una mayor floración son octubre noviembre y diciembre (Cuadro 19).

Cuadro 19. Patrón de floración mensual de plantaciones de cacao (%) por regional, República Dominicana

Mes	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Ene	0,04	0,15	0,07	0,09	0,27
Feb	0,01	0,05	0,01	0,02	0,03
Mar	0,01	-	0,01	0,02	0,02
Apr	0,01	-	0,01	0,02	0,04
May	0,02	0,05	0,03	0,02	0,04
Jun	0,05	0,07	0,09	0,12	0,05
Jul	0,05	0,03	0,17	0,09	0,05
Aug	0,06	0,05	0,06	0,03	0,03
Sep	0,02	0,10	0,03	0,02	0,03
Oct	0,21	0,15	0,07	0,02	0,02
Nov	0,24	0,15	0,17	0,26	0,16
Dec	0,29	0,20	0,29	0,30	0,27

Para modelar la distribución de mazorca en el tiempo y por edad, se ajustó la floración mensual a semanal, y se multiplicó por la productividad anual por hectárea. En este estudio, se realizó la proyección de floración a 10 años, tomando en consideración la productividad proyectada para cada regional (Cuadro 20). En contraste, el modelo de Leach *et al.* (2001), realiza su modelación para dos años.

Cuadro 20. Productividad de mazorcas de cacao (kg/ha) por regional, proyectada a 10 años, República Dominicana

Año	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
0	689	564	549	432	617
1	696	569	555	427	623
2	703	575	560	423	629
3	710	581	566	419	635
4	717	587	571	415	642
5	725	593	577	410	648
6	732	598	583	406	654
7	739	604	589	402	661
8	747	611	595	398	668
9	754	617	601	394	674
10	762	623	607	390	681

Submodelo de mazorca. A partir de la modelación anterior, se derivó el modelo de mazorca, el cual está estructurado durante 10 años, cambiando su patrón de floración mes a mes. En el Cuadro 21 se presenta una captura de pantalla del submodelo. Nótese que en la semana uno nacen 266

flores, mientras que en la semana 13 41 flores. A medida que avanza el tiempo, las mazorcas envejecen hasta llegar a la edad de cosecha. Así, en cualquier instante del tiempo se puede observar la distribución de mazorcas por edad y en el tiempo.

Cuadro 21. Patrón de crecimiento de mazorcas de cacao proyectada a partir del patrón de floración, República Dominicana

		Año 0													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Semana	Números de flores	266	266	266	266	28	28	28	28	28	28	28	28	41	54
1	Edad de la mazorca		266	266	266	266	28	28	28	28	28	28	28	28	41
2	Edad de la mazorca		-	266	266	266	266	28	28	28	28	28	28	28	28
3	Edad de la mazorca		-	-	266	266	266	266	28	28	28	28	28	28	28
4	Edad de la mazorca		-	-	-	266	266	266	266	28	28	28	28	28	28
5	Edad de la mazorca		-	-	-	-	266	266	266	266	28	28	28	28	28
6	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	266	266	266	266	28	28	28	28
7	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	266	266	266	266	28	28	28
8	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	266	266	266	266	28	28
9	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	-	266	266	266	266	28
10	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	-	-	266	266	266	266
11	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	255	255	255
12	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	243	243
13	Edad de la mazorca		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	232

Para entender el comportamiento epidemiológico, al modelo de mazorca se le incorporó las ecuaciones epidemiológicas detalladas en la metodología. Resultados preliminares se presentan en la Figura 7. Nótese que el primer año de infección, la enfermedad progresa lentamente, infectándose el 50% de las mazorcas; para el segundo año el nivel de infección llega a más del 90% de las mazorcas. Esto demuestra que, sin control alguno, la enfermedad infecta toda la finca en cuestión de dos años.

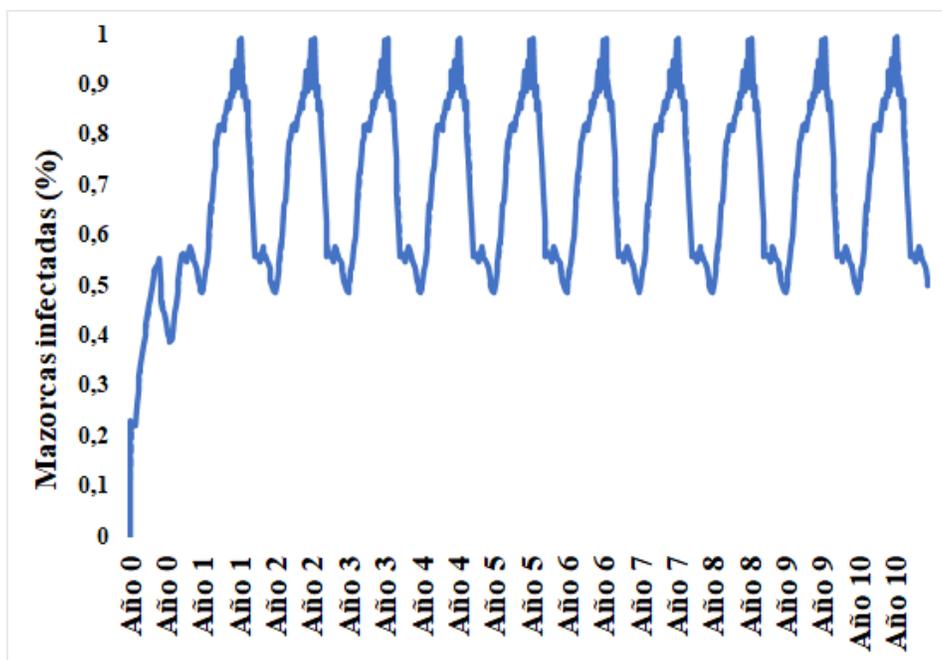


Figura 7. Proyección de infectividad por moniliasis en finca cacaotera en el tiempo, República Dominicana

4.4. Impacto socioeconómico de la moniliasis en República Dominicana

En ausencia de la moniliasis, se espera una contribución significativa del sector cacao a la economía dominicana en los siguientes 10 años. Sin embargo, la entrada de la enfermedad, bajo el escenario sin intervención, implicaría pérdidas catastróficas para el sector cacao y el país en general.

4.4.1. Proyección de la situación actual sin moniliasis

En el Cuadro 22 se presentan los indicadores económicos proyectados a 10 años, asumiendo la ausencia de la moniliasis. Actualmente, el sector cacao está generando aproximadamente 200 millones de dólares por año a la economía dominicana de manera directa (0,23% del PIB). Bajo los supuestos definidos en la metodología, se proyecta para los próximos 10 años que la producción nacional incremente de 72-118 mil TM, los empleos generados de 350 mil a 574 mil, los ingresos a nivel del productor de US\$125-206 millones, los ingresos por concepto de exportación de US\$200-328 millones y el valor agregado de la cadena de valor de US\$74-122 millones.

Cuadro 22. Proyección de indicadores de la industria de cacao bajo el escenario sin moniliasis, República Dominicana

Indicadores	2021	2026	2031	Promedio	Crecimiento anual (%)
Densidad de plantas por ha	576	668	774	671	3
Cacao seco por planta (kg)	0,73	0,77	0,81	0,77	1
Productividad (kg/ha/año)	422	514	627	518	4
Área en producción (ha)	171 875	180 642	189 857	180 732	1,0
Producción esperada (ton)	72 539	92 890	118 952	94 031	5,8
Producción exportada (ton)	70 000	89 639	114 788	90 740	5,8
Producción procesada (ton)	2539	3251	4163	3291	5,8
Empleos directos e indirectos (miles)*	350,00	448,20	573,94	454	5,8
Ingresos sector primario productor (millones US\$)	125,66	160,91	206,05	163	5,8
Divisas, exp. cacao a granel (millones US\$)	189,10	242,15	310,09	245	5,8
Divisas, exp. productos semielaborados (millones US\$)	10,76	13,78	17,65	14	5,8
Divisas totales generadas por exportación (millones US\$)	199,86	255,93	327,74	259	5,8
Valor agregado en la cadena de valor	74,21	95,02	121,68	96	5,8
Contribución global a la economía**	300	384	492	388,61	5,8

Supuesto: *Por cada tonelada producida se genera, 4,48 empleos; ** Multiplicador económico tipo II de la industria de cacao a la economía igual a 1,5.

Una industria en expansión o declive puede generar impactos que van más allá de los ingresos y empleos generados por el estímulo inicial (Miller 2010). Así, un incremento en exportaciones de US\$1 de la industria de cacao puede generar un incremento de producción y ventas de US\$1,5, asumiendo un multiplicador económico tipo II de 1,5. Los multiplicadores económicos usualmente varían en el rango de 1,0 y 3,0 y varían en función de la cantidad de actividad económica que se genera en un área geográfica y por la interacción de la industria dentro de la misma área. Mientras mayor cantidad de insumos son comprados localmente y mayor es el gasto del consumidor a nivel local, mayor es el multiplicador.

Considerando el efecto multiplicador que tiene el sector cacao en la economía nacional, los resultados indican que la industria puede incrementar su aporte económico anual de US\$300 a US\$492 millones durante los próximos 10 años. El aporte esperado del sector cacao a la economía nacional, bajo los supuestos descritos en la metodología, se presenta en el Cuadro 23. Considerando una tasa de actualización del 12%, el sector aportará a la economía nacional una riqueza adicional de US\$2445 millones valorados al 2021, lo cual equivale aproximadamente 2,75% del producto interno bruto.

Cuadro 23. Proyección del aporte del sector cacao a la economía nacional, República Dominicana

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Divisas generadas, US\$ millones	199,9	210,0	220,6	231,8	243,6	255,9	268,9	282,5	296,9	311,9	327,7
Aporte a la economía nacional, US\$ millones	299,8	315,0	331,0	347,7	365,4	383,9	403,4	423,8	445,3	467,9	491,6
Factor de descuento (r=12%)	1,00	0,89	0,80	0,71	0,64	0,57	0,51	0,45	0,40	0,36	0,32
Aporte a la economía nacional actualizado, US\$ millones	299,8	281,3	263,8	247,5	232,2	217,8	204,4	191,7	179,9	168,7	158,3
Valor presente de los aportes a la economía (r=12%*)	2,445										

*Tasas de actualización similares han sido utilizadas en proyectos sociales en la República Dominicana (Campos *et al.* 2016).

4.4.2. Escenario con monilia – proyección epidemiológica

Impacto a nivel de finca.

El impacto de moniliasis en la productividad de una finca típica dominicana se evidencia en la Figura 8 Según los resultados de la función logística general, el efecto acumulativo de la infección de moniliasis en la productividad se visualiza al año de llegar la enfermedad a la finca, acelerando las pérdidas los próximos 2-4 años, y convergiendo a una productividad relativa mínima de 0,1-0,3, dependiendo del escenario.

En el supuesto optimista de incidencia de moniliasis en finca, la productividad relativa cae a 0,95, 0,76, 0,54, 0,40, 0,34, y 0,3, respectivamente en los años 1, 2, 3, 4, 5, 6, luego de llegar la enfermedad. En el supuesto medio, la productividad relativa cae más rápido, baja 0,8 en el año 1, a 0,45 en el año 3, a 0,27 en el año 4, y 0,22 en el año 5. En el supuesto pesimista, el efecto de la moniliasis es aún más severo sobre la productividad relativa, cayendo a 0,63, 0,21, y 0,11, en los años 1, 2 y 3, respectivamente.

Los parámetros de la función logística general se presentan en el Cuadro 24 para cada escenario, los cuales fueron calibrados con los resultados del modelo adaptado de Leach *et al.* (2001), los supuestos descritos en la metodología y la opinión de expertos en el tema. Según el modelo presentado en la Sección 4.3, al año de llegar la enfermedad a una finca, el 50% de las mazorcas

están infectadas, confirmando que la enfermedad se dispersa de manera silenciosa durante el primer año. A partir del segundo año, el nivel de infectividad fluctúa entre el 60-100% en función de la floración y los picos de productividad. Los parámetros también asumen que el nivel de inóculo se reduce por las cosechas frecuentes (semanal y quincenal) y las prácticas fitosanitarias para controlar la mazorca negra. De igual manera, la dispersión de la enfermedad también se ve reducida por las condiciones climáticas del país, las cuales son similares a las del El Salvador donde se ha visto un efecto limitado del impacto de la moniliasis a nivel de finca y a nivel nacional (CIAT *et al.* 2019).

El comportamiento de la moniliasis en los países donde está presente evidencia que, sin manejo oportuno de la enfermedad, la productividad cae rápidamente en los primeros 2-3 años. Sin embargo, es imposible saber con certeza la dinámica en el tiempo de la enfermedad y su consecuente efecto en productividad. Debido a lo anterior se proponen tres escenarios dentro de los cuales podría estar el comportamiento real del efecto acumulado de la enfermedad en la productividad relativa.

Datos colectados del proyecto KOLFACI durante 2016-2021 en Colombia, Costa Rica, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú, indican que el 20% de la producción se pierde en promedio por moniliasis en las fincas. El mismo indica que el 43% de las fincas tienen niveles de incidencia menores a 13%; el 34% de las fincas tienen incidencia entre 13-26%; el 15% tiene incidencia de 26-52%; y en el restante 8% de las fincas, la incidencia de moniliasis supera el 52%. Por tanto, bajo el supuesto de no intervención se puede esperar productividades relativas entre 0,1-0,4, con lo cual se respaldan los valores asintóticos mínimos de la productividad relativa (0,1-0,3).

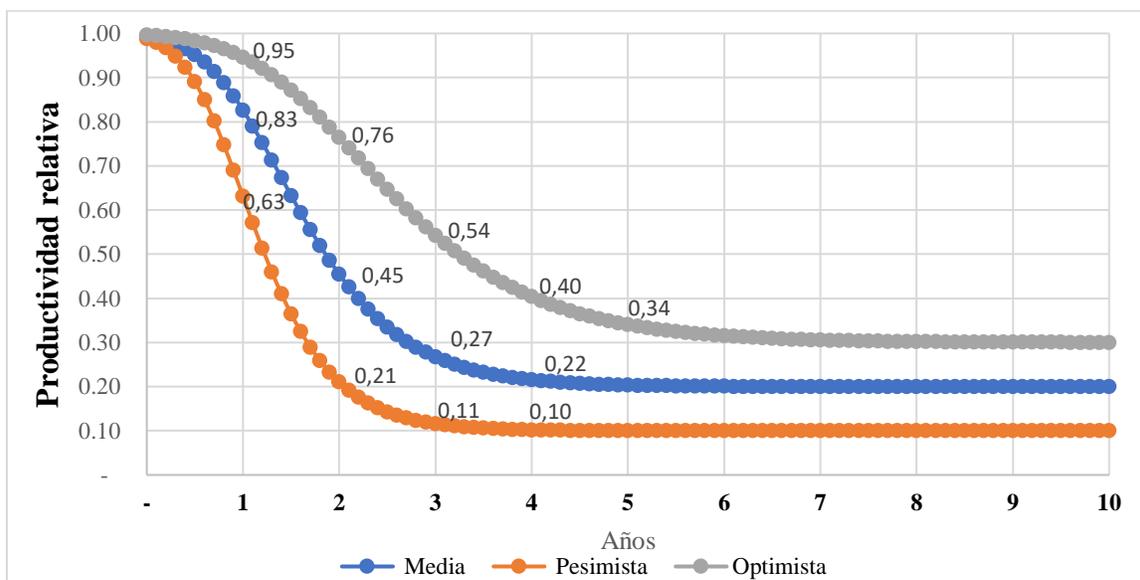


Figura 8. Productividad relativa de fincas de cacao bajo escenarios medio, pesimista y optimista de moniliasis, República Dominicana

Cuadro 24. Parámetros para proyectar el efecto de la moniliasis en la productividad relativa de fincas cacaoteras, República Dominicana

Parámetros	Escenario optimista	Escenario medio	Escenario pesimista
Asíntota superior (A): Productividad relativa máxima	1	1	1
Asíntota superior (k): Productividad relativa mínima	0,30	0,20	0,10
Tasa de crecimiento (B)	0,10	0,15	0,20
Cuando se da el mayor cambio en la tasa de crecimiento (v)	0,18	0,20	0,22
Relativo al valor inicial del inóculo (Q)	1,60	1,60	1,60

Dispersión de la enfermedad a nivel nacional

Tomando como referencia la vulnerabilidad que tienen las regionales (resultados de la Sección (4.2) para favorecer la dispersión de la moniliasis, más la evidencia de dispersión en otros países y el conocimiento de expertos, se calibró una curva de dispersión de la moniliasis para República Dominicana bajo varios escenarios. Los resultados, según el conocimiento de los autores, es el primer intento de proyección matemática de la dispersión de la moniliasis a nivel nacional. En la Figura 9, se evidencian tres escenarios que podrían capturar la dispersión real de la moniliasis en el país, sino se aplican medidas de contención. Los parámetros que definen la dispersión de la enfermedad a nivel nacional se presentan en el Cuadro 25.

Según los resultados de la función logística general, un año después de la entrada de la moniliasis al país se espera que 2, 6 y 13% de las plantaciones se infecte bajo los escenarios optimista, medio y pesimista, respectivamente. En el escenario optimista, el 50% de las plantaciones estarían infectadas en el año 5. En los escenarios medio y pesimista, se estimó que el 80 y 93% de las fincas estarían infectadas, respectivamente. Es posible que la dispersión sea aún más rápida si se considera la frecuencia de huracanes; sin embargo, el escenario pesimista trata de capturar esos eventos, ya que el año 2 y 3 se espera un nivel de infección nacional de 39 y 66%, respectivamente.

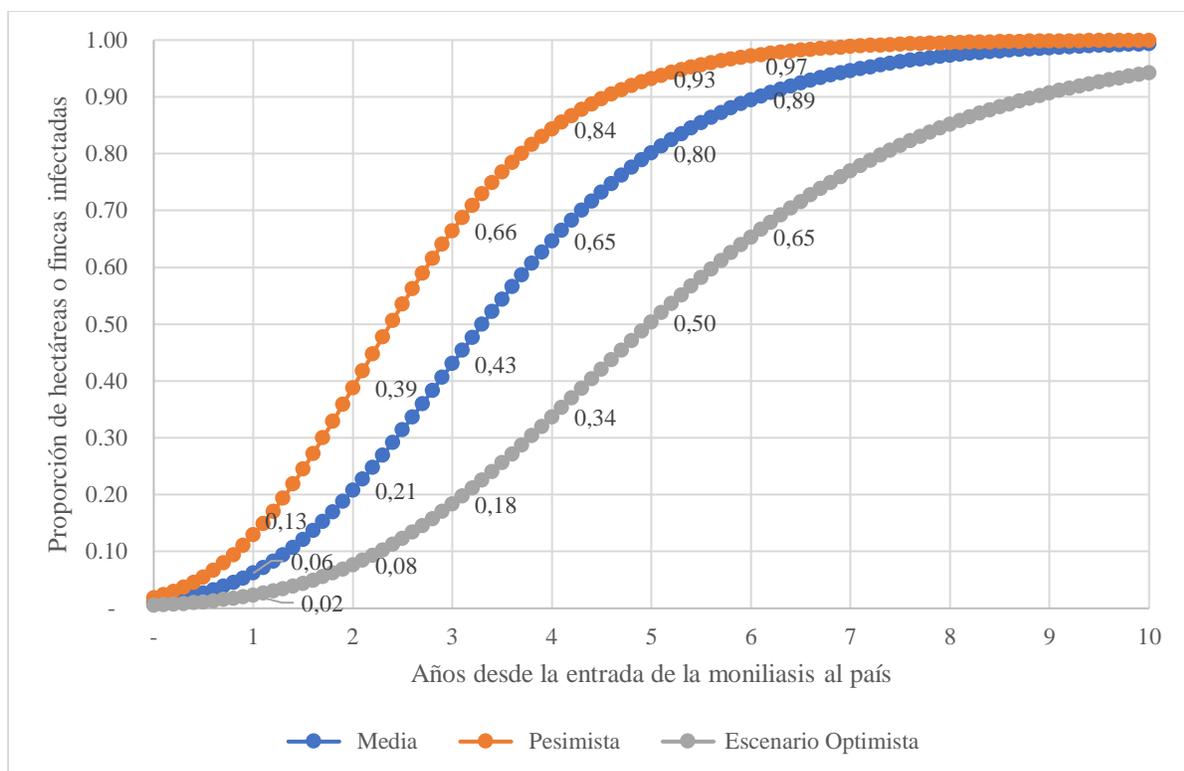


Figura 9. Escenarios posibles de la propagación de la moniliasis en República Dominicana

Cuadro 25. Parámetros para proyectar la propagación de la moniliasis en República Dominicana

Parámetros	Escenario optimista	Escenario medio	Escenario pesimista
Asíntota inicial (I): proporción inicial de fincas infectadas	0	0	0
Asíntota final (k): proporción final de fincas infectadas	1	1	1
Tasa de crecimiento (B)	0,05	0,07	0,09
Cuando se da el mayor cambio en la tasa de crecimiento (v)	0,18	0,20	0,22
Relativo al valor inicial del inóculo (Q)	1,60	1,50	1,40

Índice de severidad de la moniliasis en la productividad nacional

El índice de severidad de la moniliasis a nivel nacional o producción relativa nacional se muestra en la Figura 10. Bajo los supuestos establecidos en los Cuadro 22Cuadro 23, los primeros años no se ve afectada la producción relativa nacional dado las pocas fincas infectas más el efecto retardado de la dispersión de la moniliasis en finca. Esta dinámica se visualiza con más detalle en la Figura 11, donde se observa cómo el índice de severidad se ve afectado por el efecto de la moniliasis en finca y la velocidad de dispersión a nivel nacional. También se visualiza que la productividad nacional cae a partir del año 3; por ejemplo, el índice de severidad en dicho año sería 0,8, 0,94 y 0,99 para los escenarios pesimista, medio y optimista, respectivamente. Lo anterior implica que la

producción nacional caería un 20, 6 y 1%, respectivamente. A partir del año 3 la caída se acelera para los escenarios pesimista y medio hasta caer a una productividad relativa nacional crítica del 11 y 26%. En el caso del escenario optimista, el índice de severidad de la moniliasis progresa relativamente lento; por ejemplo, en el año 10 sería de 0,46, lo cual significaría una caída en la producción nacional de 54% (1-0,46).

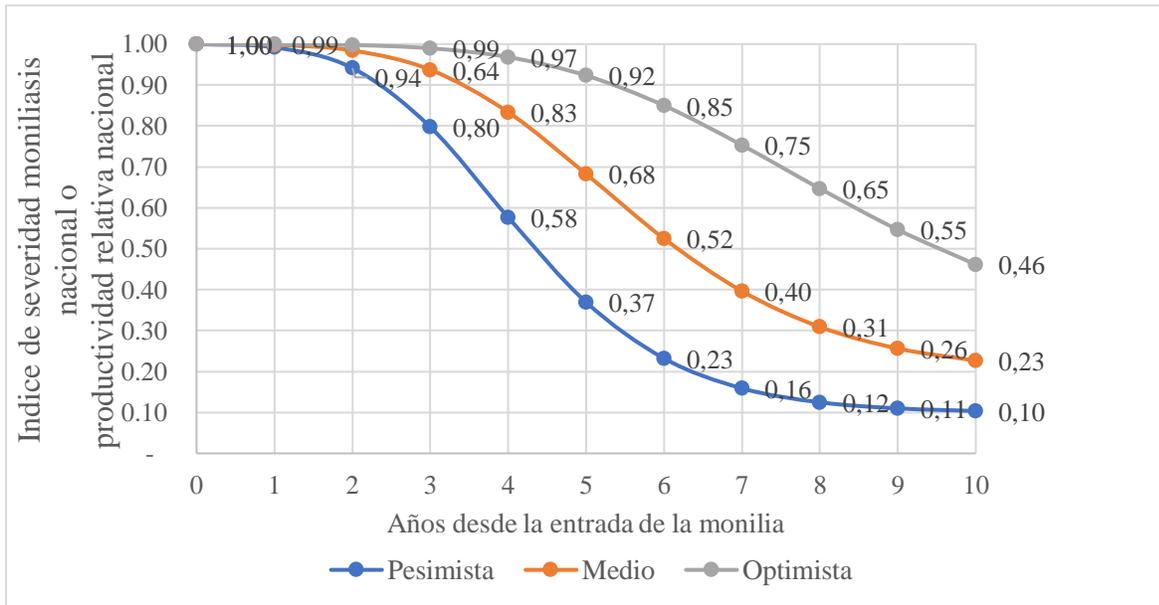


Figura 10. Índice de la severidad de la moniliasis en la productividad cacaotera de República Dominicana

Para facilitar la comparación epidemiológica entre escenarios, en la Figura 11 se presenta la combinación del índice de severidad de la moniliasis en la productividad nacional con el índice de severidad a nivel de finca y la propagación esperada de la enfermedad. Se ve claramente que entre más rápida sea la propagación de la enfermedad y a más severo sea el impacto en finca, mayor será el índice de severidad nacional.

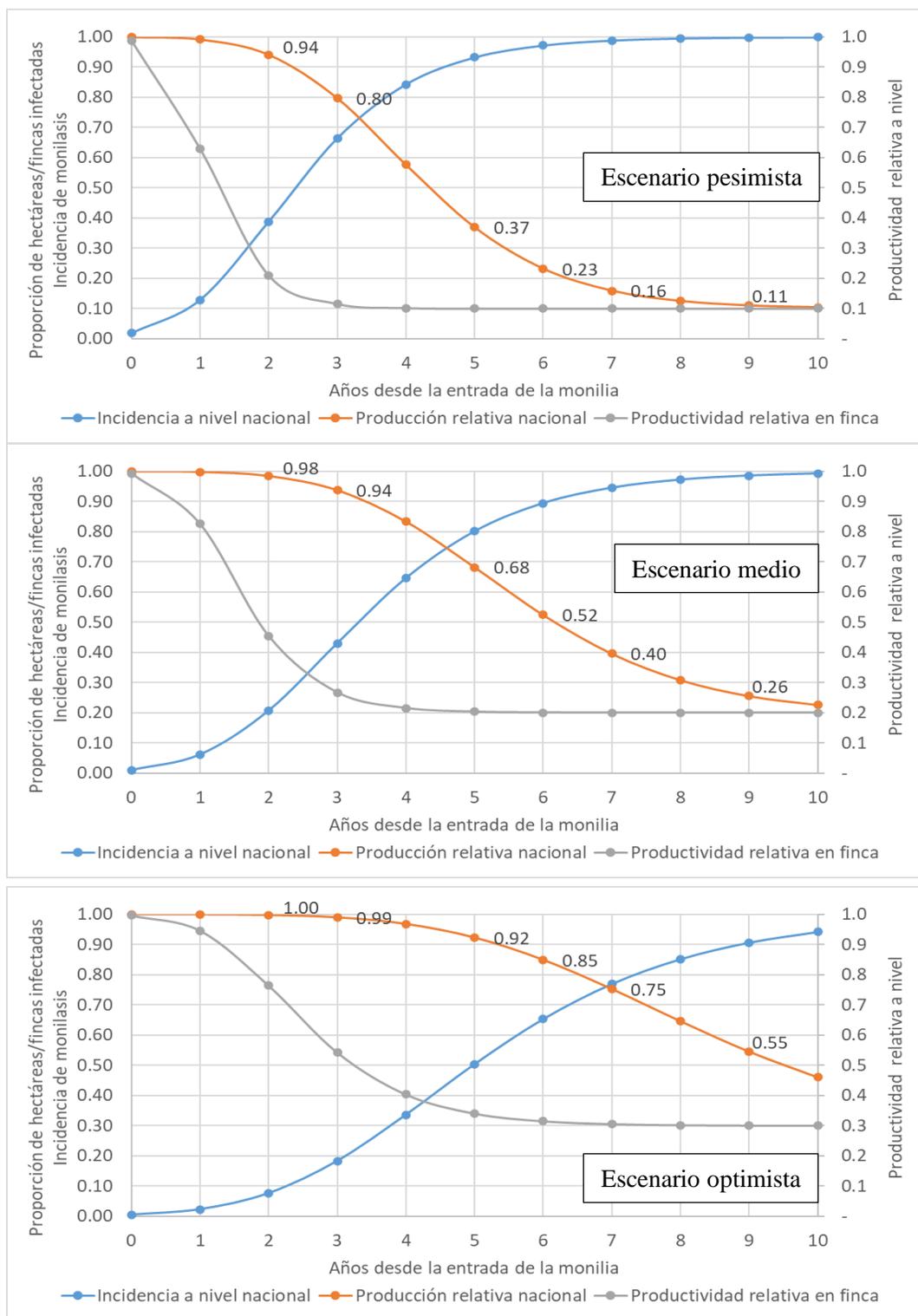


Figura 11. Dinámica de dispersión de la moniliasis a nivel finca y país y su efecto en el índice de severidad

Comparación del índice de severidad con datos reales

Los datos por país de la producción relativa antes y después de la moniliasis se presenta en el Cuadro 266. Como se evidencia, algunos países como Costa Rica, Panamá, Nicaragua, Honduras y Guatemala presentaron un declive en su producción nacional. En el caso de Jamaica, su producción nacional venía en declive incluso antes de detectarse la enfermedad en el 2016, acelerándose en los años 2017-2019. Existen anécdotas e hipótesis de que la enfermedad ya estaba en Jamaica antes de su descubrimiento. La producción nacional relativa de otros países como El Salvador, Bolivia, Perú y México incrementó luego de la entrada de la moniliasis. Esto podría ser el resultado de los programas de fomento y mejores precios del cacao, que incentivan la producción en otras áreas del país donde la enfermedad aún no está presente. De igual manera, algunos países han aprendido a convivir con la enfermedad (p.e., Ecuador), logrando niveles de productividad mayores que el promedio mesoamericano y caribeño.

En la Figura 12 se muestra el promedio de la producción relativa nacional antes y después de la entrada de la moniliasis. El promedio es calculado solo en los países que mostraron una caída en su producción nacional (7 de 11 países de los mostrados en el Cuadro 26). En el Cuadro se visualiza una caída paulatina de la producción relativa nacional en el año 1, acelerándose de manera lineal en el año 2. En el año 10 y 20, el indicador baja a 0,7 y 0,4, indicando una caída en producción nacional de 30% y 60%, respectivamente. Cabe recalcar, que, en las dinámicas nacionales, un grupo de productores migra a otros cultivos (25-30%), otros abandonan (30-40%), y el grupo restante (entre 50-60%), se adapta implementando nuevas prácticas de control y manejo de la enfermedad. Por tanto, los datos presentados en la Figura 12 no representan un escenario de “no se hace nada” como se proyectó en la figura 11. Por tanto, las proyecciones del índice de severidad para los escenarios optimista, medio y pesimista parecen ser razonables.



Solo incluye los países donde la productividad relativa nacional bajó luego de la entrada de la moniliasis
Figura 12. Producción relativa nacional promedio antes y después de la moniliasis, República Dominicana

Cuadro 26. Producción relativa nacional antes y después de la entrada de la moniliasis en 12 países de América Latina

Año	Promedio	Panamá	Costa Rica	Nicaragua	Panamá	Honduras	Guatemala	Belize	Jamaica	El Salvador	Bolivia	Perú	México
-5	0,98		0,64	1,00	0,49	1,00	0,85	2,20	0,69	1,00	0,99	0,76	0,77
-4	1,08		0,57	1,23	0,56	1,35	1,35	0,56	1,92	0,89	1,00	0,77	1,29
-3	0,96		0,64	1,24	0,47	1,11	1,15	0,73	1,37	1,00	0,95	0,73	1,27
-2	0,96		0,56	1,25	0,73	0,89	1,00	0,73	1,59	1,06	0,93	0,72	1,37
-1	0,87		0,74	1,00	0,88	1,00	1,00	0,61	0,88	0,99	0,96	0,75	1,21
0	1,00												
1	0,93	1,00	1,00	1,00	1,07	1,00	1,00	0,98	0,42	1,03	1,54	1,06	1,05
2	0,74	1,00	0,51	0,80	0,92	0,85	1,00	0,54	0,30	2,03	1,25	1,31	1,10
3	0,79	1,00	0,49	0,80	0,81	0,74	1,00	1,05	0,45	2,02	1,27	1,80	1,37
4	0,78	0,92	0,34	0,60	1,21	0,74	1,00	0,61		2,02	1,29	2,29	1,65
5	0,65	0,77	0,21	0,60	0,86	0,74	0,18	1,22		1,94	1,16	2,71	1,38
6	0,69	0,69	0,40	0,60	1,03	0,74	0,40	0,95		1,90	1,23	2,90	1,16
7	0,65	0,54	0,43	0,60	0,95	0,74	0,68	0,63		2,04	1,23	2,41	1,07
8	0,46	0,38	0,37	0,40	0,10	0,74	0,56	0,63				2,52	0,92
9	0,67	0,38	0,35	0,40	0,40	0,74	0,75	1,66				2,44	0,74
10	0,66	0,38	0,38	1,20	0,38	0,13	0,53	1,61				2,44	0,77
11	0,67	0,46	0,41	0,80	0,39	0,30	0,48	1,83				2,19	0,74
12	0,71	0,50	0,34	0,80	0,36	0,50	0,70	1,76				3,69	0,75
13	0,51	0,41	0,33	0,80	0,34	0,42	0,75					3,72	0,78
14	0,45	0,39	0,29	0,40	0,56	0,56	0,48					3,17	0,78
15	0,42	0,38	0,27	0,40	0,52	0,39	0,55					3,60	
16	0,44	0,38	0,19	0,50	0,48	0,36	0,75					3,41	
17	0,45	0,62	0,19	0,40	0,45	0,52	0,50					4,08	
18	0,46	0,71	0,19	0,40	0,42	0,56						3,85	
19	0,36	0,59	0,08	0,40	0,39	0,36						3,94	
20	0,51	0,92	0,08	0,80	0,36	0,41						3,94	

Fuente: FAOSTAT (2021).

Año cero es el año de entrada de la moniliasis. Valor de 1 representa la producción base al momento de la entrada de la moniliasis. Años negativos se refiere a los años antes de la entrada de la enfermedad. El año de entrada de la moniliasis a los países en el cuadro es: Panamá (1) por Colombia (1958), Costa Rica (1978), Nicaragua (1979), Panamá (2) por Costa Rica (1980), Honduras (1997), Guatemala (2002), Belice (2004), Jamaica (2016), El Salvador (2009), Bolivia (2012). Perú (1988) (Ramírez González 2008; Phillips Mora *et al.* 2007). Colores rojo y rojo-intenso significan una caída sustancial en la caída de la producción nacional. Color verde-intenso significa que la productividad incrementó. Las barras azules, significa que en esos países su producción nacional incrementó luego de la entrada de la moniliasis.

4.4.3. Escenario con moniliasis - proyección indicadores socioeconómicos

En el Cuadro 27 se presentan los indicadores económicos bajo el escenario intermedio de severidad donde la moniliasis entra en el año 2021 y no se realiza control alguno a nivel de finca y a escala nacional.

Bajo este escenario, la contribución económica anual del sector a la economía dominicana se reduciría de aproximadamente 300 millones de dólares (0,33% del PIB) a menos 111 millones de dólares (0,12% del PIB) en los próximos 10 años. Bajo el supuesto de agresividad media definido, se proyecta que la producción nacional esperada baje de 72-26 mil toneladas en los próximos 10 años, los empleos generados bajarían de 350 mil a 130 mil, los ingresos a nivel de productor de 125-46 US\$ millones, los ingresos por concepto de exportación de US\$200-74 millones, y el valor agregado en la cadena de valor bajaría de US\$74-27 millones.

Cuadro 27. Proyección de indicadores de la industria de cacao bajo el escenario con moniliasis, República Dominicana

Indicadores	2021	2026	2031	Promedio	Crecimiento anual (%)
Densidad de plantas por ha	576	668	774	673	3,1
Cacao seco por planta (kg)	0,73	0,53	0,18	0,48	-6,8
Productividad (kg/ha/año)	422	351	142	305	-6
Área en producción (ha)	171,875	180,642	189,857	180,791	1,0
Producción esperada (ton)	72,539	63,392	26,964	54,298	-5,7
Producción exportada (ton)	70,000	61,173	26,021	52,398	-5,6
Producción procesada (ton)	2,539	2,219	944	1,900	-5,7
Empleos directos e indirectos (miles)*	350,00	305,89	130,11	262,00	-5,7
Ingresos sector primario productor (millones US\$)	125,66	109,81	46,71	94,06	-5,7
Divisas, exp. cacao a granel (millones US\$)	189,10	165,25	70,29	141,55	-5,7
Divisas, exp. productos semielaborados (millones US\$)	10,76	9,41	4,00	8,06	-5,7
Divisas totales generadas por exportación (millones US\$)	199,86	174,66	74,29	149,60	-5,7
Valor agregado en la cadena de valor	74,21	64,85	27,58	55,55	-5,7
Contribución global a la economía**	299,79	261,99	111,44	224,41	-5,7

Supuesto: *Por cada tonelada producida se generan 4,48 empleos; ** Multiplicador económico tipo II de la industria de cacao a la economía igual a 1,5.

4.4.4. Escenario moniliasis - proyección de pérdidas socioeconómicas

En el Cuadro 28 se visualizan los impactos socioeconómicos que causaría la moniliasis en el país bajo diferentes escenarios de agresividad y dispersión de la enfermedad. La pérdida a nivel de productor es significativa, y se incrementan en el tiempo en función de la dispersión de la

enfermedad. Bajo los escenarios optimista, medio y pesimista la agresividad y dispersión de la enfermedad generan pérdidas acumuladas a 10 años de US\$354 M, US\$710 M y US\$1,007 M, respectivamente; mientras que los actores que participan en la transformación de la materia prima tendrán pérdidas de US\$209 M, 419 y 595 M, respectivamente; con relación a la generación de divisas, tomando en cuenta los tres escenarios, se perderán en promedio US\$228 M; por último, las pérdidas acumuladas en empleos-años son de 309, 1977 y 2804 mil empleos, respectivamente. En el año 5, luego de la entrada de la enfermedad, las pérdidas anuales son relativamente más baja comparadas con el año 10, dado al efecto localizado y retardado de la enfermedad. Por tanto, la detección rápida y contención de la enfermedad serían aspectos claves.

Cuadro 28. Proyección de impactos económicos bajo los escenarios optimista, medio y pesimista de la actividad cacaotera en República Dominicana

Indicadores socioeconómicos	Esc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pérdidas sector primario, en US\$ millones	1	0,0	0,3	1,5	4,9	12,4	25,4	43,9	65,9	89,0	111,0
	2	0,3	2,2	9,2	25,5	51,1	80,4	107,2	129,0	145,9	159,3
	3	1,1	8,1	29,5	64,8	101,5	129,8	149,4	163,4	174,6	184,7
Pérdidas en la cadena de valor, en US\$ millones	1	0,0	0,2	0,9	2,9	7,3	15,0	25,9	38,9	52,5	65,5
	2	0,2	1,3	5,4	15,1	30,2	47,5	63,3	76,2	86,1	94,1
	3	0,6	4,8	17,4	38,3	59,9	76,7	88,2	96,5	103,1	109,1
Pérdidas en divisas, millones US\$	1	0,1	0,5	2,3	7,4	18,6	38,2	66,0	99,2	133,9	167,0
	2	0,4	3,3	13,8	38,4	76,9	120,9	161,4	194,1	219,5	239,8
	3	1,6	12,2	44,5	97,6	152,7	195,4	224,8	245,8	262,7	277,9
Pérdidas en empleos, en miles	1	0,1	0,9	4,2	13,6	34,5	70,8	122,2	183,5	247,8	309,1
	2	0,8	6,0	25,5	71,0	142,3	223,8	298,7	359,3	406,3	443,8
	3	2,9	22,5	82,2	180,5	282,6	361,6	416,1	455,0	486,2	514,4
Pérdidas en la economía nacional*	1	0,1	0,8	3,6	11,7	29,5	60,6	104,7	157,2	212,3	264,7
	2	0,7	5,2	21,9	60,8	121,9	191,7	255,8	307,7	348,0	380,2
	3	2,6	19,4	70,5	154,7	242,1	309,8	356,5	389,7	416,5	440,6

Esc= Escenario; Esc 1 = optimista; Esc 2 = medio; Esc 3 = pesimista; * Pérdidas del aporte a la economía nacional del sector cacao

Bajo un escenario pesimista, el valor presente de las contribuciones del sector cacao a la economía bajaría de US\$2445 millones (equivalente al 2,74% de la economía nacional), a US\$1374 (equivalente a 1,54% del PIB). Por tanto, este estudio muestra la importancia de implementar un plan de contingencia y control operativizado en el país con los recursos económicos suficientes para evitar una pérdida potencial de la economía del 1,2% del PIB. En la Figura 13 se evidencia que, bajo la ausencia de control, las pérdidas potenciales por la moniliasis (valor presente de

pérdidas durante 10 años), estaría en el rango de 330-1071 millones de dólares, representando una pérdida potencial para la economía nacional en el rango de 0,37-1,2% del PIB.

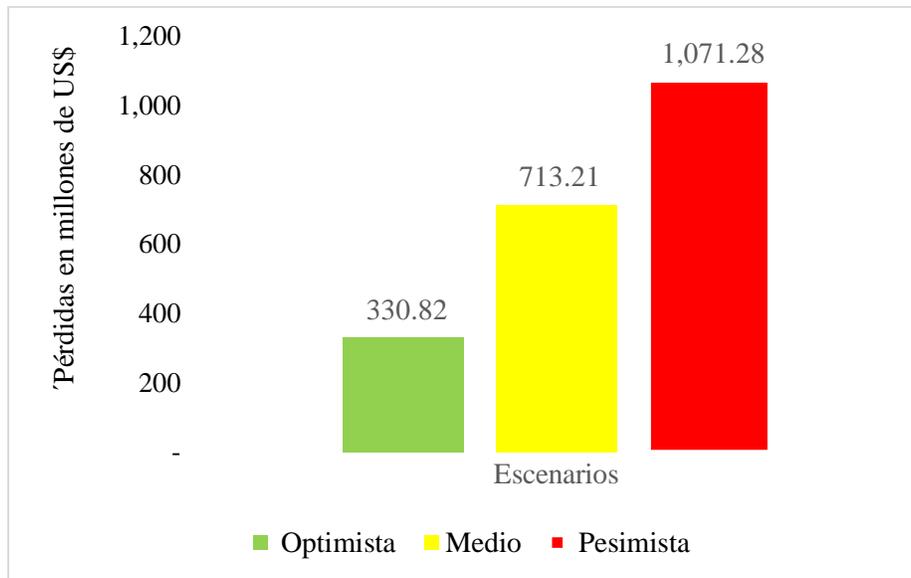


Figura 13. Valor presente neto de las pérdidas generadas por escenario debido a la entrada de la moniliasis a República Dominicana

5. Discusión de los resultados

La investigación se realizó en las cinco principales regionales (Nordeste, Este, Central, Norte y Norcentral) productoras de cacao de la República Dominicana y buscó tres objetivos específicos: 1) construcción de un índice de vulnerabilidad frente a la moniliasis, 2) adaptar modelos epidemiológicos a las condiciones del país y 3) determinar el impacto socioeconómico que causaría una entrada potencial de la moniliasis en la cadena de valor del cacao en República Dominicana.

Para abordar el primer objetivo se realizaron consultas bibliográficas extensas con el fin de encontrar trabajos similares para sustentar el enfoque utilizado en la investigación; sin embargo, los trabajos relacionados con el índice de vulnerabilidad frente a una enfermedad que afecte determinado cultivo son limitados, situación que conllevó a usar como marco de referencia trabajos de índices de vulnerabilidad social desarrollados por Mapplecroft (2014); Van Vliet (2010) y Burgos *et al.* (2009), los cuales se construyeron a partir de modelos teóricos-prácticos y estimaciones de variabilidad climáticas en los países de América Latina. Para objeto de este estudio, estos fueron adaptados y se usó como base el conocimiento de expertos (Equipo asesor de esta investigación) a la dinámica de manejo de fincas de República Dominicana y su influencia en el establecimiento, desarrollo y dispersión de la moniliasis (Secciones 2.5 de revisión de literatura y 3.1 de metodología).

Las variables más terminantes en la escogencia de una regional como más vulnerables fueron:

- Prácticas de manejo de fincas. Las prácticas más deficientes son la fertilización, ya que no existe un programa definido y las plantaciones generalmente se desarrollan de forma natural (sin aplicación de fertilizantes) y la altura de las plantas, factores que resultan condicionantes para prevenir, contener y crear resistencia de una plantación frente a una enfermedad (Suarez Capello 2018; Arvelo *et al.* 2017), y que encarecen también el control y convivencia con la moniliasis (Somarriba 2013).
- Germoplasmas. Las plantaciones de cacao en República Dominicana están establecidas con material híbrido que provienen de clones susceptibles a la moniliasis y la mazorca negra, lo que indica que para el establecimiento y manejo de las plantaciones es necesario considerar las variables climáticas y el manejo de labores culturales que permitan bajar el nivel de exposición ante determinada enfermedad y, de esta forma, hacerla más rentables (Cerdea Bustillos *et al.* 2020).
- Variables climáticas. Las variables climáticas juegan un papel fundamental en el establecimiento y dispersión de las enfermedades. En este estudio se realizó la modelación epidemiológica en finca sin considerar el efecto de las variables climáticas, lo que supone una oportunidad para futuras investigaciones. Las proyecciones del clima hasta el 2050, obtenida del sitio web “Sistema Climáticamente Inteligente” (<http://cci.alianza-cac.net/>), estiman que para República Dominicana la aptitud del cacao es apta con clima muy caliente-seco y la

gradiente de impacto es adaptación incremental. Las proyecciones evidencian que, con el tiempo, las plantaciones de cacao aumentarán considerablemente y que las condiciones climáticas serán más idóneas para la dispersión y ataques de nuevas enfermedades.

La República Dominicana enfrenta constantemente eventos climáticos adversos por su condición de isla posicionada en la misma ruta de los huracanes; siete de los diez eventos más devastadores (cinco corresponden a tormentas y dos a inundaciones), registrados en los últimos 32 años, han afectado la nación (World Bank 2013). Considerando que en Honduras el huracán Mitch fue la principal vía de diseminación de la moniliasis en las plantaciones de cacao (FHIA *et al.* 2003), se puede dar una idea del riesgo de dispersión para el país ante la posible llegada de la enfermedad y su coincidencia con un evento climático. Esta información respalda los resultados de dispersión a nivel nacional obtenidos en la investigación, la cual precisa que, al cuarto año de llegar la enfermedad, más del 84% de las plantaciones del país se infectarían.

Un estudio que analiza la distribución potencial y el nicho fundamental de *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa* en cacao de América Latina, a partir de datos de ocurrencia obtenido de revisión bibliográfica y variables bioclimáticas, utiliza como predictor el modelo de nicho de máxima entropía (MaxEnt), mostrando que las zonas donde se registró mayor probabilidad de ocurrencia de moniliasis fueron Esmeraldas y Los Ríos (Ecuador), zonas costeras de Costa Rica, Santander y Antioquia de Colombia y para escoba de bruja los estados de Bahía y Acre de Brasil; también se evidenció que las variables que más influyeron en la distribución de moniliasis están asociadas a las precipitaciones, mientras que las condiciones relacionadas con la temperatura fueron más importantes en el modelo de escoba de bruja (Másmela 2019).

La Confederación Nacional de Cacaocultores Dominicano ha realizado un trabajo excelente de parcelas demostrativas, implementado un paquete tecnológico (Paquete Express) que incluyó: material genético mejorado, control de sombra, control de malezas, poda de cacao y aplicación de abono orgánico. Con estas prácticas, las diferentes parcelas aumentaron su productividad de 3,53 a 21,04 qq/ha, en promedio, en un período de seis años (Gómez *et al.* 2018); la implementación de este tipo de experiencia permite tener fincas bien manejadas y menos vulnerables a enfermedades devastadoras (moniliasis y escoba de bruja).

El modelo epidemiológico desarrollado para República Dominicana contiene de manera concreta dos submodelos (de mazorca y epidemiológico), el mismo fue construido a partir del modelo epidemiológico de Leach y las experiencias de otros países donde la enfermedad está presente. El proceso de simulación fue realizado en una finca típica de una hectárea (más común), donde el punto de partida fue la floración en el tiempo, las mismas se derivaron de productividad mensuales de las diferentes regionales. El ejercicio fue utilizado porque los productores de República Dominicana no llevan registros de floración de las fincas; luego se estableció una proporción de infectividad a partir del modelo de Leach, ya que se desconoce el comportamiento de la moniliasis

en el país. Para esta modelación se asumió que la enfermedad entra y no se hace ningún control en la finca. Mientras el modelo adaptado a República Dominicana busca conocer el comportamiento de dispersión de la moniliasis en una finca, el de Leach, además, implementa estrategias de control para determinar su efectividad y de esta forma su incidencia en los ingresos del productor.

Para la estimación del impacto socioeconómico que causaría la moniliasis en la cadena de valor del cacao en República Dominicana, se creó un modelo que proyectó a 10 años el crecimiento del subsector sin moniliasis y un escenario con moniliasis. Según discusiones sostenidas con investigadores del CATIE, la Comisión Nacional del Cacao, el Departamento del Cacao de República Dominicana y técnicos de diferentes países de Latinoamérica (Ecuador, Honduras, Trinidad y Tobago y Jamaica), la investigación es la primera que realiza el ejercicio de estimar pérdidas anticipadas frente a la moniliasis.

Investigaciones llevadas a cabo en Colombia, Ecuador, Honduras, México, Costa Rica, Perú y otros países, solo estiman pérdidas a nivel de fincas (Ramírez 2016; Somarriba 2013; Phillips Mora y Cerda 2009; Krauss y Soberanis 2001). Estas investigaciones confirman que República Dominicana es el primer país en evaluar el impacto en toda la cadena del subsector cacao. Para medir las interacciones entre los sectores de la economía de este país y su relación con el cacao, se utilizó un multiplicador económico de US\$1,5. Esta elección puede resultar no precisa porque fue tomado de investigaciones realizadas en Papua Nueva Guinea y Ghana (Aryeetey *et al.* 2002; Hustedde *et al.* 1993). Esto muestra la necesidad de realizar estudios en el país que produzcan los multiplicadores económicos del sector cacao a través de tablas insumos-productos o matrices de contabilidad social (SAM por sus siglas en inglés).

6. Conclusiones

1. La investigación mostró que el 58% de las plantaciones de las cinco regionales estudiadas cultivan clones/variedades susceptibles, debido a que tienen baja productividad, avanzada edad, exceso de sombra, altura excesiva de las plantaciones, conocimiento limitado y las condiciones ambientales favorables para el establecimiento y dispersión de la moniliasis, lo que las vuelve altamente vulnerables.
2. El índice de vulnerabilidad global desarrollado en este trabajo mostró que, las regionales más expuestas al establecimiento y dispersión de la moniliasis son la Norte y Este, como resultado de la combinación de factores relacionados con el clima y germoplasma susceptible. El rango de temperatura está comprendido entre 21 y 32°C, humedad relativa superior de 70% y precipitación por encima de los 1500 milímetros anuales; mientras que los clones susceptibles más distribuidos en las plantaciones son los ML, 1CS-1 y ICS-39.
3. El modelo de dispersión y severidad nacional desarrollado en este estudio indica que, bajo un escenario pesimista, la enfermedad podría infectar el 80% de las plantaciones en menos de cuatro años, mientras que la producción nacional caería 77% al año seis (2026).
4. El escenario pesimista desarrollado en este trabajo evidencia que el valor presente de las contribuciones del sector cacao a la economía bajaría de US\$ 2445 millones (equivalente al 2,74% de la economía nacional) a US\$1374 (equivalente a 1,54% del PIB), por los daños que causaría la moniliasis en las plantaciones de en el país. Por tanto, este estudio muestra la importancia de implementar un plan de contingencia y control operativizado en el país con los recursos económicos suficientes para evitar una pérdida potencial a la economía del 1,20% del PIB.

7. Recomendaciones

1. Establecer un protocolo para regular el traslado de material de siembra de una regional a otra y aumentar la vigilancia en fincas y puntos de entradas al país.
2. Destinar recursos económicos para la implementación del plan de contingencia, la estrategia binacional y el plan de acción cacaotera, los cuales indican las directrices a seguir para mejorar las plantaciones y contener la enfermedad.
3. Es fundamental el apoyo de programas de selección y mejoramiento genético para generar clones/variedades menos susceptibles a la moniliasis.
4. Capacitar a los extensionista y productores con relación a la identificación y manejo de la moniliasis.
5. Las plantaciones de cacao de en el país requieren un plan de renovación y rehabilitación, que permita a los productores el uso de prácticas agronómicas tecnificadas orientadas a disminuir el grado de vulnerabilidad de las regionales frente a una enfermedad, tal como lo indica el PAC.
6. Realizar estudios para entender la relación beneficio-costos de estrategias de control en finca y otros estudios orientados a entender la relación beneficio-costos de programas nacionales de prevención y/o adaptación.
7. Generación de multiplicadores económicos del subsector cacao a partir de modelos insumo-producto o matrices SAM.

8. Bibliografía

- Aryeetey, E; Harrigan, J; Nissanke, M. 2002. Economic Reforms in Ghana: The Miracle and the Mirage (en línea). International African Institute 72(3):1-3. DOI: <https://doi.org/10.2307/3556730>.
- Bateman, R; Hidalgo, E; García, J; Arroyo, C; Hoopen ten, G; Adonijah, V; Krauss, U. 2005. Application of chemical and biological agents for the management of frosty pod rot (*Moniliophthora roreri*) in Costa Rican cocoa (*Theobroma cacao*) (en línea). Annals of Applied Biology 147:1-10. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2005.00012.x>.
- Batista, L. 2009. El Cultivo de Cacao (en línea). CEDAF. Suriel, T (ed.). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. 43 p. Disponible en <http://www.cedaf.org.do/publicaciones/guias/download/cacao.pdf>.
- BCRD, (Banco Central República Dominicana). (2019). Informe de la Economía Dominicana (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. Disponible en <https://bancentral.gov.do/>.
- Burgos, S; Marcelo, L; Omar, A; Barriga, O. 2009. Creación de un índice de vulnerabilidad social para la Provincia de Concepción desde una perspectiva teórico empírica (en línea). Sociedad Hoy (16):59-76. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/902/90217096005.pdf>.
- Campos, J; Serebrisky, T; uárez - Alemán, A. 2016. Tasa de descuento social y evaluación de proyectos: algunas reflexiones prácticas para América Latina y el Caribe (en línea, sitio web). Consultado 5 ago. 2021. Disponible en <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Tasa-de-descuento-social-y-evaluación-de-proyectos-algunas-reflexiones-prácticas-para-América-Latina-y-el-Caribe.pdf>.
- Cei-RD, (CEntro de Esportación e Inverción de la República Dominicana). (2020). COMPORTAMIENTO DE LAS EXPORTACIONES JULIO 2020 (en línea). 7. Santo Domingo, República Dominicana, s.e. Disponible en [https://prodominicana.gob.do/Documentos/INFORME MENSUAL DE EXPORTACIONES JULIO 2020.pdf](https://prodominicana.gob.do/Documentos/INFORME_MENSUAL_DE_EXPORTACIONES_JULIO_2020.pdf).
- Cerda Bustillos, R; Arciniegas, A; Cambronero, D. (2020). “ Informe técnico final de resultados obtenidos según contrato No . 094 por servicios profesionales del CATIE , prestados a la Comisión Nacional del Cacao en República Dominicana ” Evaluación de campo de dos parámetros de selección para ocho clones RECEPT (en línea). Turrialba, Cartago, s.e. Disponible en <https://mail.google.com/mail/u/0/?tab=cm#search/iNFORME+DEL+CATIE/FMfcgzGkbDSZGtxwtwXQktnzhfwVZJGf?projector=1&messagePartId=0.1>.
- CIAT; Rikolto; WCF. 2019. Cacao Climáticamente Inteligente (en línea, sitio web). Consultado 29 ago. 2021. Disponible en <https://aclimatar.org/Dashboard/>.

- CNC. (2019). AND EXPORT OF FINE FLAVOUR COCOA DOMINICAN REPUBLIC (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. Disponible en <https://docs.google.com/document/d/1tLw3ZAQ2hYxRRY0Rnl6OhrYkhFoIU6GvJlGt8n77RtI/edit>.
- CNC. (2020). COMPORTAMIENTO DE LAS EXPORTACIONES AÑO 2019-2020. Santo Domingo, s.e.
- Córdova-Avalos, V; Estrella-Chulim, N; Ortiz-García, C. 2001. Factores que afectan la producción de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el tejido Francisco I. Madero del plan chontalpa, Tabasco, México (en línea). *Universidad y Ciencia* 17(34):93-100. DOI: <https://doi.org/10.19136/era.a17n34.211>.
- Cuello, J; Morales, M; Rib, S. 2017. PLAN NACIONAL DE DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CACAO (en línea). PNUD (ed.). República Dominicana, PNUD. 220 p. Disponible en <https://info.undp.org/docs/pdc/Documents/DOM/Plan de Accion Nacional Desarrollo Sostenible de Cacao Marzo 2017.pdf>.
- Cuevas, V; Baca, J; Cervantes, F; Aguilar, J. 2016. Asistencia técnica en el sector agropecuario en México: análisis del VIII censo agropecuario y forestal (en línea). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 3(5):943-957. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v3n5/v3n5a8.pdf>.
- Curry, G; Lummani, J; Omuru, E. (2011). Final report Final report (en línea). Austrslian, s.e. Disponible en https://espace.curtin.edu.au/bitstream/handle/20.500.11937/26627/180981_54449_CurryLummaniOmuru2011CPBreport.pdf?sequence=2&isAllowed=y.
- Deheuvels, O. (2015). Caracterización de los sistemas de cultivo del cacao de República Dominicana en las provincias de Duarte , Hato Mayor y El Seibó Rapport d ' expertise Informe de consultoría. República Dominicana, s.e.
- Enríquez, G. (1979). La moniliasis del cacao (en línea). Costa Rica, s.e. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1235.pdf>.
- Estrella Guayasamín, E; Cedeño Aguilar, J. 2012. Medidas de Control de Bajo Impacto Ambiental para Mitigar la Moniliasis en Cacao Híbrido Nacional x Triniario en Santo Domingo de los Tsáchilas. (en línea). 1 ed. Anzules, V (ed.). Ecuador, ESPE-IASA. 1-139 p. Disponible en <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5588/1/T-ESPE-IASA-II-002461.pdf>.
- Evans, E; Klassen, W; Davis, C. 2010. INTEGRATED MANAGEMENT OF THE INVASIVE COCOA PATHOGEN MONILIOPHTHORA RORERI, CAUSAL AGENT OF FROSTY POD ROT (en línea). *Caribbean Food Crops Society* 46(2):15. Disponible en file:///C:/Users/rodri/Downloads/Krauss.pdf.
- Evans et al. 2018. *Moniliophthora roreri* y *Moniliophthora perniciosa*: impacto, síntomas, diagnóstico, epidemiología y manejo. (en línea). *Protección Vegetal* 33. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-27522018000100007#r.

- Evans, H. 1981. Pod rot of cacao caused by *Moniliophthora* (*Monilia*) *roreri*. (en línea). Commonwealth Mycological Institute 80:24-44. Disponible en <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19811373782>.
- FAOSTAT. 2021. Crops and livestock products (en línea, sitio web). Consultado 29 ago. 2021. Disponible en <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- FHIA, (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola). 2012. LA MONILIASIS DEL CACAO: EL ENEMIGO A VENCER (en línea). 1 ed. FHIA (ed.). La Lima, Honduras, FHIA. Disponible en <https://alfonzopineda.files.wordpress.com/2016/10/1-la-moniliasis-del-cacao-el-enemigo-a-vencer.pdf>.
- FHIA, (Fundación Hondureñas de Investigación Agrícola); APROCACAHO, (asociación de Productores de Cacao de Honduras); PROMOSTA, (Proyecto Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola). 2003. IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DE LA MONILIASIS (en línea). 1 ed. FHIA (ed.). La Lima, Cortés, Honduras, FHIA. 1-24 p. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3979e/A3979e.pdf>.
- Galindo, JJ. 1985. Enfermedades del cacao de importancia económica en América (en línea, sitio web). Consultado 12 ago. 2020. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6317e/A6317e.pdf%0Ahttp://hdl.handle.net/11554/1632>.
- GÓMEZ, J. (2021). Catálogo de Clones (en línea). Santo Domingo, s.e. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en <https://conacado.com.do/wp-content/uploads/2021/02/Catalogo-de-clones-segunda-edicion.pdf>.
- Gómez, J; Almonte, B; López, C; Baumgatner, J. (2018). Sistematización de parcelas demostrativas (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. 1. Disponible en <https://conacado.com.do/wp-content/uploads/2021/02/Sistematizacion-Parcelas-Demostrativas-version-CONACADO-2018-by-page.pdf>.
- González, J; González, A. (2007). EVALUACIÓN DE MATERIALES ORGÁNICOS PARA EL CONTROL DE RATAS (*Rattus rattus*) EN FINCAS DE PRODUCTORES DE CACAO (*Theobroma*) (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. Disponible en file:///D:/Users/Enelvi/Downloads/Resultados_Investigacion_Cacao_2007.pdf.
- González Vásquez, A. 2018. Asociatividad y desarrollo económico de los productores de cacao en la provincia de Los Ríos (en línea). Killkana Social 2(4):49-56. DOI: https://doi.org/10.26871/killkana_social.v2i4.369.
- Hustedde, R; Shaffer, R; Pulver, G. 1993. Community Economic Analysis : A How To Manual By (en línea). 1st ed. Extension Service, US; Department of Agriculture (eds.). Iowa, y Iowa State University Printing Services. 1-97 p. Disponible en https://www2.econ.iastate.edu/classes/crp274/swenson/CRP566/Readings/Community_Economic_Analysis_Workbook_HSP.pdf.
- IICA. 2017. Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina (en línea). s.l., s.e. 143 p. Disponible en <file:///C:/Users/usuario/Downloads/BVE17089191e.pdf>.

- Johnson, J; Bonilla, J; Aguero, L. 2008. Manual De Manejo Y Produccion Del Cacaotero (en línea). CENIDA – UNA (September):40 p. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01J71.pdf>.
- Krauss, U; Hoopen, M; Hidalgo, E; Martínez, A; Arroyo, C; García, J; Portuguez, A; Sánchez, V. 2003. Manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamanca , (en línea). *Agroforestería en las Américas* 10(Manejo de la moniliasis):52-58. Disponible en [file:///D:/Users/Enelvi/Downloads/Kraussetal2003AgroforesteriaenlasAmericas\(3\).pdf](file:///D:/Users/Enelvi/Downloads/Kraussetal2003AgroforesteriaenlasAmericas(3).pdf).
- Krauss, U; Soberanis, W. 2001. Rehabilitation of diseased cacao fields in Peru through shade regulation and timing of biocontrol measures (en línea). *Agroforestry Systems* 53:1-6. Disponible en http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Rehabilitation_of_diseased_cacao_fields_enPeru_through_shade_regulation.pdf.
- Leach, A; Mumford, J; Krauss, U. 2001. Modelado *Moniliophthora roreri* en costa rica (en línea). *ELSERVIER* :1-10. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S026121940100148X>.
- Leandro Muñoz, M. 2011. Efecto de los factores macro y microclimáticas y las características productivas del cacao sobre la epidemiología de la moniliasis (en línea). s.l., CATIE. 105 p. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A7321e/A7321e.pdf>.
- Leandro Muñoz, M. 2017. Biology and epidemiology of *Moniliophthora roreri*, causal agent of *Moniliophthora* pod rot of cacao (en línea). s.l., CATIE. 167 p. Disponible en http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8703/Biology_and_epidemiology_of_Moniliophthora.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Leandro Muñoz, M; Tixier, P; Germon, A; Rakotobe, V; Phillips Mora, W; Maximova, S; Avelino, J. 2017. Effects of microclimatic variables on the symptoms and signs onset of *Moniliophthora roreri* , causal agent of *Moniliophthora* pod rot in cacao. :1-18. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0184638>.
- Leontief, W. 1985. El modelo de Leontief (Input-Output): formulación y limitaciones (en línea). *Cuadernos de Ciencias Económicas y Empresariales* 1(9):189-216. Disponible en <http://cuadernos.uma.es/pdfs/pdf268.pdf>.
- MA. 2017. Agricultura prepara protocolo prevención monilia del cacao (en línea, sitio web). Disponible en <http://agricultura.gob.do/noticia/agricultura-prepara-protocolo-prevencion-monilia-del-cacao/>.
- MA. 2019. Ministro Agricultura afirma exportaciones de cacao alcanzan 195 millones de dólares este año. (en línea, sitio web). Disponible en <http://agricultura.gob.do/noticia/ministro-agricultura-afirma-exportaciones-de-cacao-alcanzan-195-millones-de-dolares-este-ano/>.

- América Latina y el Caribe (en línea). Reino Unido, s.e. Disponible en [https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/57134EECE75695F505257EC70071E40E/\\$FILE/1_pdfsam_caf-indice-vulnerabilidad-cambio-climatico.pdf](https://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/57134EECE75695F505257EC70071E40E/$FILE/1_pdfsam_caf-indice-vulnerabilidad-cambio-climatico.pdf).
- Marelli, J; Guest, D; Bailey, B; Evans, H; Brown, J; Junaid, M; Barreto, R; Lisboa, D; Puig, A. 2019. Chocolate under threat from old and new cacao diseases (en línea). *Phytopathology* 109(8):1331-1343. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-18-0477-RVW>.
- Másmela, J. 2019. Potential distribution and fundamental niche of *Moniliophthora* spp in cocoa of America and Africa (en línea). *Agronomía Mesoamericana* 30(3):659-679. DOI: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35038>.
- Matlick, B; Weber, J; Morillo, A. 2016. Análisis de la cadena del valor del cacao en República Dominicana (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, International Executive Service Corps (IESC). 68 p. Disponible en http://www.cedaf.org.do/documents/inf_cacao.pdf.
- MCKELVIE, A. 1956. No Title (en línea). *Experimental Botany* 7(Enermedades):252-263. Disponible en <https://www.jstor.org/stable/23686485>.
- Medina, I; Peralta, R; Susaña, S. 2021. Plan de Acción Cacaotera. 1 ed. DR Cocoa Foundation, I (ed.). Santo Domingo, República Dominicana, CNC (Comisión Nacional del Cacao). 101 p.
- Miller, W. 2010. Economic Multipliers: How Communities Can Use Them for Planning (en línea, sitio web). Consultado 16 ago. 2021. Disponible en http://www.uaex.edu/Other_Areas/publications/PDF/FSCED6.pdf.
- Mundy, K; Purcell, W. 2004. Measuring the “Ripple Effect”: Economic multipliers. REAP, Virginia Tech 16(Efecto multiplicador):1-5.
- Phillips Mora, W. 1986. Evaluación de la resistencia de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) a *Moniliophthora roreri* (Cif. y Par.) Evans et al (en línea). s.l., CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 119 p. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/1954?show=full>.
- Phillips Mora, W. 2003. Origin, biogeography, genetic diversity and taxonomic affinities of the cacao (*Theobroma cacao* L.) fungus *Monilophthora roreri* (Cif.) Evans et al. as determined using molecular, phytopathological and morpho-physiological evidence (en línea). s.l., Universidad de Reading. 349 p. Disponible en http://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/Origin,_biogeography,_genetic_diversity_and_taxonomic_affinities_of_the_cacao.pdf.
- Phillips Mora, W. 2019. Moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*) en Haití y República Dominicana ”. Primera. República Dominicana y Haití, s.e. 1-88 p.

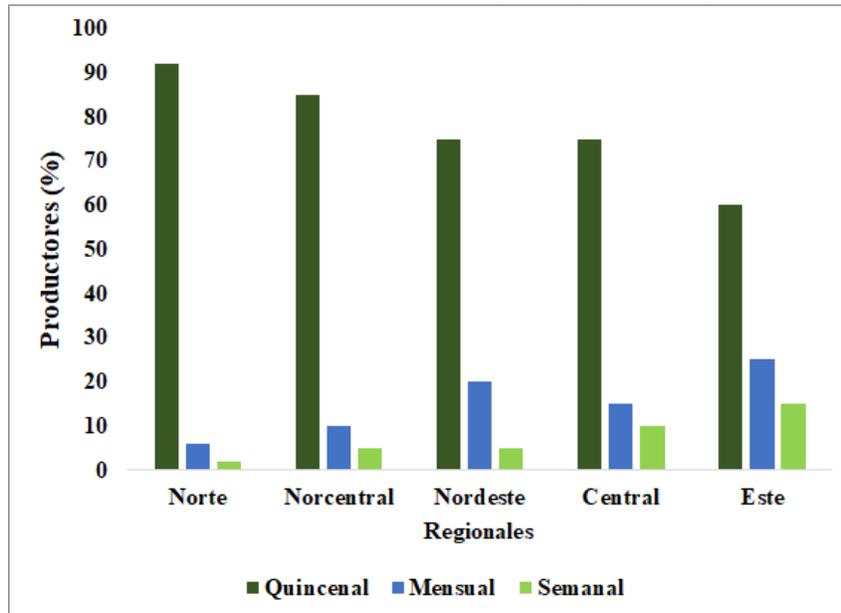
- Phillips Mora, W; Aime, M; Wilkinson, M. 2007. Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. :911-922. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2007.01646.x>.
- Phillips Mora, W; Arciniega, A; Mata, A; Motamayor, J. 2012. Catálogo Catálogo seleccionados por el catie para siembras comerciales (en línea). 105 ed. Turrialba,CR, CATIE. 68 p. Disponible en https://www.worldcocoaoundation.org/wp-content/uploads/files_mf/phillipsmora2012clones4.64mb.pdf.
- Phillips Mora, W; Cerda, R. 2009. Catálogo, Enfermedades del cacao en Centroamérica (en línea). 1ª ED. Somarriba, Eduardo; Orozco, S (ed.). Turrialba,CR:CATIE., CATIE. 28 p. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H20-10877.PDF>.
- Ramírez- Argueta, O. 2019. "RESISTENCIA GENÉTICA DE CULTIVARES DE CACAO A LA ENFERMEDAD DE MONILIASIS (en línea). Argueta 1:12-17. Consultado 20 mar. 2021. Disponible en [http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT_Frutales_y_Cafe/Martes_30_abril/1-Resistencia_Genética_de_Cultivares_de_Cacao_\(Moniliasis\).pdf](http://apps.iica.int/pccmca/docs/MT_Frutales_y_Cafe/Martes_30_abril/1-Resistencia_Genética_de_Cultivares_de_Cacao_(Moniliasis).pdf).
- Ramírez González, S. 2008. La moniliasis un desafío para lograr la sostenibilidad del sistema cacao en México (en línea). Tecnología en Marcha 21:1-14. Disponible en [file:///D:/Users/Enelvi/Downloads/Dialnet-LaMoniliasisUnDesafioParaLograrLaSostenibilidadDel-4835688\(5\).pdf](file:///D:/Users/Enelvi/Downloads/Dialnet-LaMoniliasisUnDesafioParaLograrLaSostenibilidadDel-4835688(5).pdf).
- Ramírez, J. 2016. Pérdidas económicas asociadas a la pudrición de la mazorca del cacao causada por *Phytophthora* spp., y *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al., en la hacienda *Theobroma*, Colombia (en línea). Revista de Protección Vegetal 31(1):42-49. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1010-27522016000100006&lng=pt&nrm=iso.
- Richards, FJ. 1959. A flexible growth function for empirical use (en línea). Journal of Experimental Botany 10(2):290-301. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/10.2.290>.
- Rizek Cacao S.A. 2019. Empresa Rizek Cacao S.A (en línea, sitio web). Consultado 9 jun. 2020. Disponible en <https://rizekcacao.com/>.
- Rizek, H (Rizek CSAS. 2016. The Dominican Republic an overview (en línea). Journal of Chemical Information and Modeling 1:18-51. DOI: <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.
- Rodriguez Polanco, E; Mujica, J; Zuluaga Cubillos, G. (2005). Manejo integrado de la moniliasis (*Moniliophthora roreri*) del cacao (*Theobroma cacao*) en Talamanca , (en línea). Bucamanranga, Colombia, s.e. Disponible en https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1203/41712_43683.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Soberanis, W; Ríos, R; Arévalo, E; Zúñiga, L; Cabezas, O; Krauss, U. 1999. Increased frequency of phytosanitary pod removal in cacao (*Theobroma cacao*) increases yield economically in eastern Peru (en línea). *Crop Protection* 18:1-9. Disponible en [https://sci-hub.tw/10.1016/S0261-2194\(99\)00073-3](https://sci-hub.tw/10.1016/S0261-2194(99)00073-3).
- Somarriba, E; Meléndez, L; Campos, W; Lucas, C; Luján, R. 1997. Cacao bajo sombra de leguminosas en Talamanca, Costa Rica: manejo, fenología, sombra y Producción de cacao (en línea). 289 ed. CATIE/GTZ (ed.). Costa Rica, CATIE. 55 p. Disponible en <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/580>.
- Somarriba, EJ. 2013. Oferta mundial de tecnologías de producción de cacao prioritarias para elevar los rendimientos , mejorar la calidad del cacao y asegurar la sostenibilidad y seguridad alimentaria de las familias cacaoteras de Centroamérica (en línea). 1 ed. San José, Costa Rica., ResearchGate. 1-37 p. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/324414023_Oferta_mundial_de_tecnologias_de_produccion_de_cacao_prioritarias_para_elevar_los_rendimientos_mejorar_la_calidad_d_el_cacao_y.
- Soraya, R. 2015. El cultivo del cacao, tan deseable como el chocolate. (en línea, sitio web). Disponible en https://www.do.undp.org/content/dominican_republic/es/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2015/08/28/el-cultivo-del-cacao-tan-deseable-como-el-chocolate-soraya-rib.html.
- Suarez Capello, C. 2018. Plan de respuesta de emergencia fitosanitaria a la introducción de moniliasis (*Moniliophthora Roreri*) del cacao. 1 ed. Santo Domingo, República Dominicana, Ministerio de Agricultura. 43 p.
- Techo. 2013. Índice de vulnerabilidad Territorial (en línea, sitio web). Consultado 4 jul. 2021. Disponible en <http://visor01.dane.gov.co:9000/visor-vulnerabilidad/%0Awww.techo.org/ar>.
- Vidal Ledo, M; Díaz, R; Rodríguez, W; Onega, N; Lezca, W. 2020. Modelos matemáticos para el control epidemiológico (en línea). *Revista Cubana de Educacion Medica Superior* 34(2). Disponible en <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v34n2/1561-2902-ems-34-02-e2387.pdf>.
- Villegas, C; Enríquez, G. (1979). Moniliasis; bibliografía parcialmente anotada (en línea). Turrialba, CR, s.e. Disponible en file:///C:/Tesis avances/BVE20078153e. reporte CATIE.pdf.
- Van Vliet, N. 2010. Participatory vulnerability assessment in the context of conservation and development projects: A case study of local communities in Southwest Cameroon (en línea). *Ecology and Society* 15(2):7. DOI: <https://doi.org/10.5751/ES-03343-150206>.

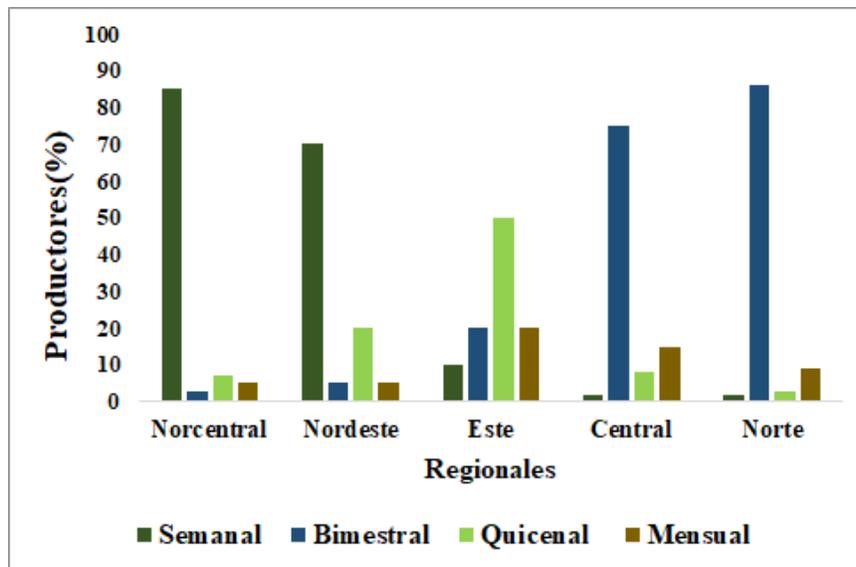
- World Bank. (2013). ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DE SEGURO AGRÍCOLA POR ÍNDICES. INFORME DE AVANCE: SEGURO DE ÍNDICES A NIVEL MACRO Abril (en línea). Santo Domingo, República Dominicana, s.e. Disponible en https://www.indexinsuranceforum.org/sites/default/files/DOMINICAN_REPUBLIC_Feasibility_Agriculture.pdf.
- Zambrano, JL; Chávez, EF. 2018. Diagnóstico del Estado del Arte de la Cadena de Valor del Cacao en América Latina y El Caribe Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (en línea). Ecuador, fontagro.org. 82 p. Disponible en <https://www.fontagro.org/wp-content/uploads/2019/03/2018-CacaoDocFinal.pdf>.
- Zapata, S; Peguero, F; Alabi, O; Setumu, M. 2021. Economic implications of citrus greening disease management strategies [Manuscript submitted for publication]. Department of Agricultural Economics, Texas, United States of America, A&M University.

9. Anexos

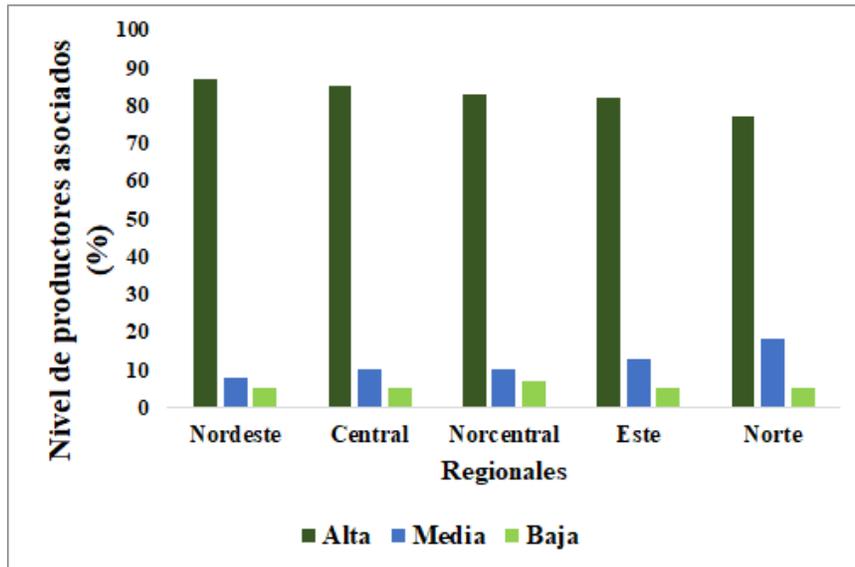
Anexo 1. Periodicidad de la cosecha de cacao por regional, República Dominicana



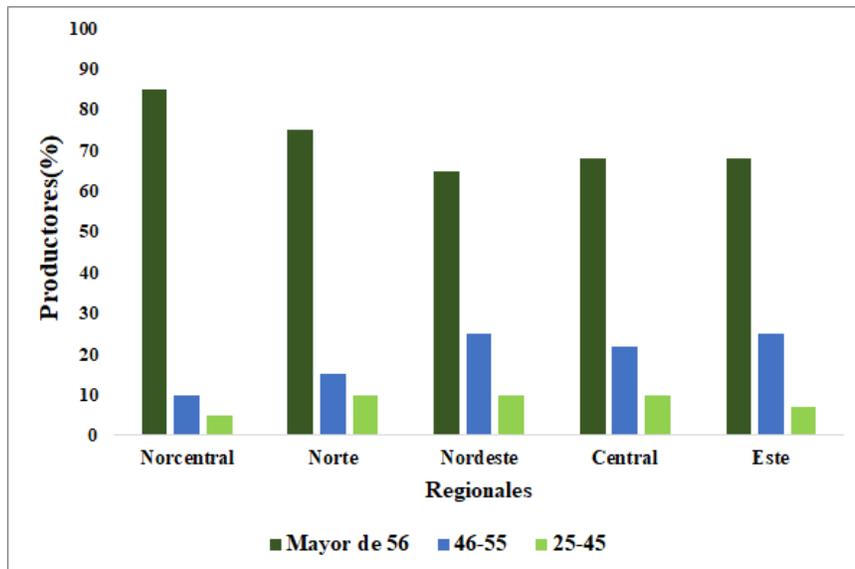
Anexo 2. Frecuencia de la asistencia técnica recibida por los productores de cacao según regional, República Dominicana



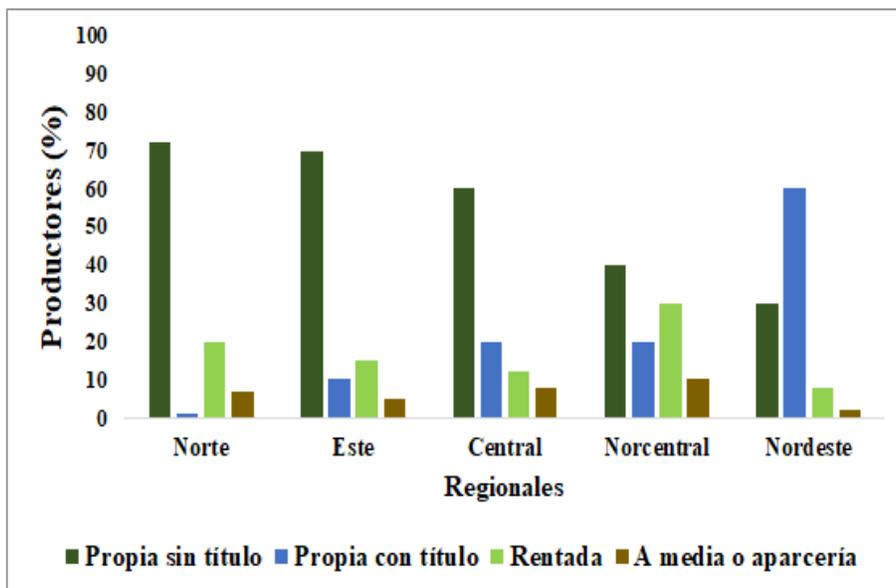
Anexo 3. Nivel de asociatividad de los productores de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 4. Edad de los productores de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 5. Tenencia de la tierra de los productores de cacao según regional, República Dominicana

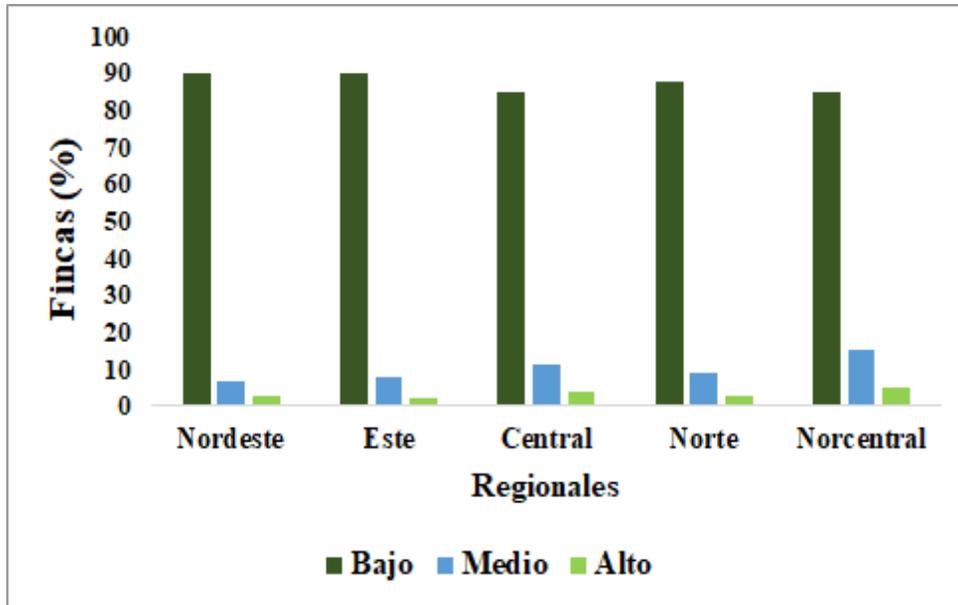


Anexo 6. Acceso a crédito o financiamiento de los productores de cacao según regional, República Dominicana

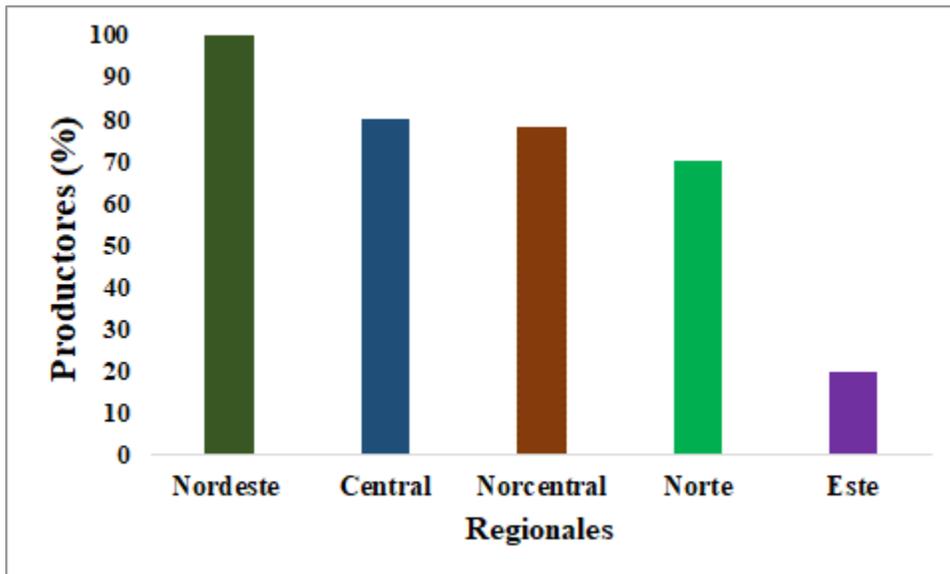
Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Bagrícola	Bagrícola	Bagrícola	Casas exportadoras	Casas exportadoras
Casas exportadoras	Casas exportadoras	Casas exportadoras	Bagrícola	Bagrícola
Cooperativas	Cooperativas	Cooperativas	Cooperativas	Banco Adopem
Banco Adopem	Banco Adopem	Otras instituciones	Banco Adopem	Cooperativas
Otras instituciones	Otras instituciones	Banco Adopem	Otras instituciones	Otras instituciones

*Las entidades que proporcionan crédito a los productores se encuentran ordenadas por importancia en las diferentes regionales

Anexo 7. Nivel de tecnificación en las fincas de los productores de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 8. Labores de podas realizadas por los productores de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 9. Fertilización de las plantaciones de cacao según regional, República Dominicana

Regionales	Producto	Dosis (kg/ha)	Frecuencia
Nordeste	Gallinaza	1016	Anual
Este	15-6-25-4s	508	Anual
Central	Gallinaza	2470	Anual
	15-15-15	363	Anual
Norte	Compost	1016	Anual
Norcentral	15-15-15	131	Anual

Anexo 10. Programa de fertilización en zonas productoras de cacao según regionales, República Dominicana

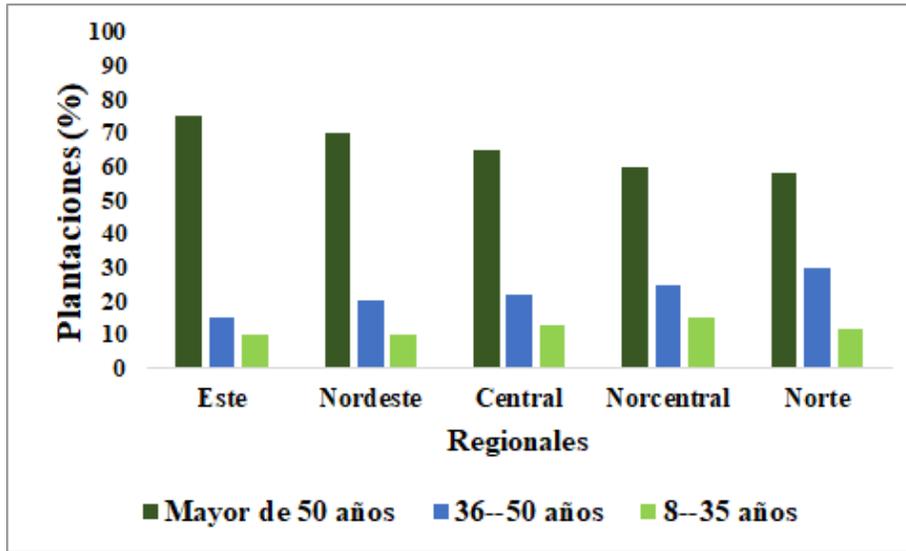
Regionales	Año	Productos	Dosis (kg/ha)	Frecuencia
Nordeste	1	Gallinaza	1016	Anual
	2	Gallinaza	1524	Trimestral
	3	Gallinaza	2032	Semestral
Este	1	15-15-15	147	Semestral
	2	15--6-25	508	Semestral
Central	1	Gallinaza	2470	Anual
	2	15-15-15	363	Semestral
Norte	1	Compost	254	Trimestral
	2		508	Trimestral
	3		1016	Anual
	4		1016	Anual
Norcentral	1	15-15-15	127	Semestral
	2	15-15-15	254	Anual

Anexo 11. Temas de asistencia técnica más demandados por los productores de cacao según regional, República Dominicana

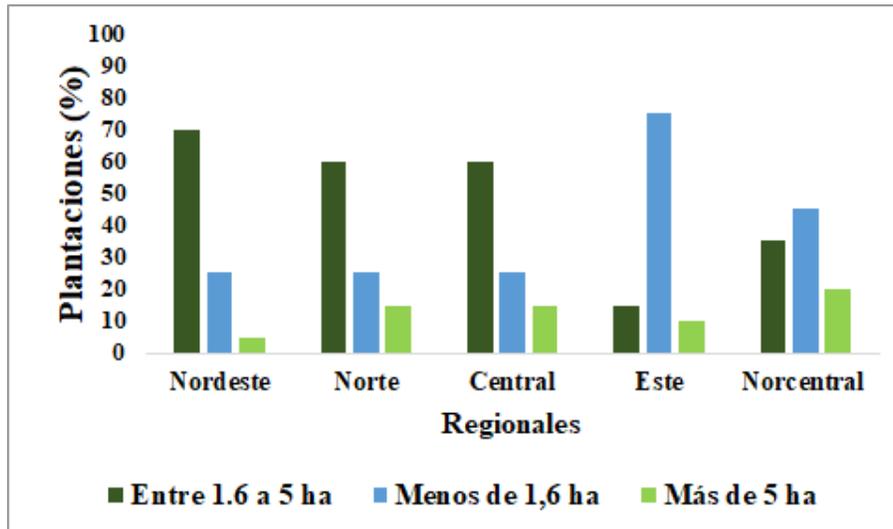
Nivel	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
MIPE (manejo integrado de plagas y enfermedades)	1	1	2	3	2
Labores de poda	2	2	1	1	3
Fertilización	4	5	4	2	1
Elaboración de abono orgánico	3	4	3	4	5
Establecimiento y manejo de SAF	6	3	5	5	4
Gestión empresarial	5	6	6	6	6
Otros	Manejo de residuos sólidos, prácticas de conservación de suelo y manejo de sombreadores				

*La actividad más demandada está representada con el 1 y la menos con el 6

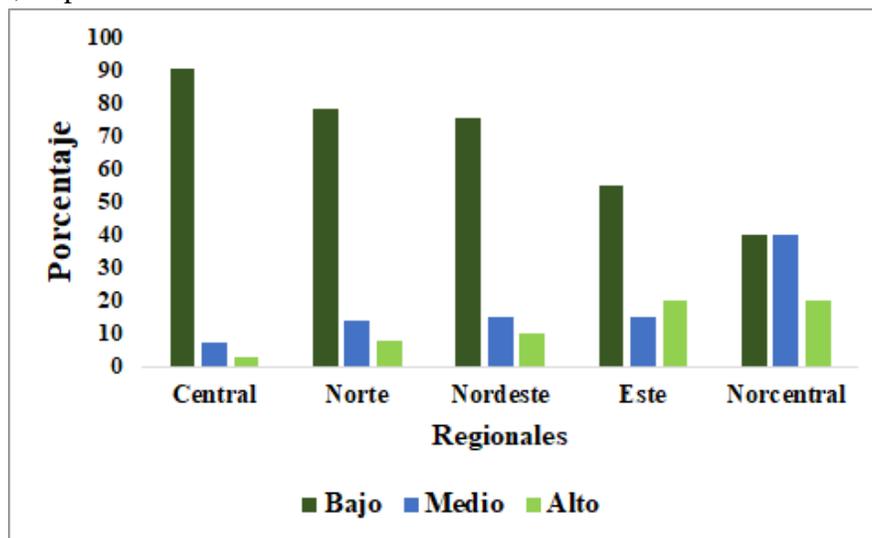
Anexo 12. Edad de las plantaciones de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 13. Tamaño de las fincas productoras de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 14. Conocimiento de los productores de cacao para manejar enfermedades fungosas según regional, República Dominicana

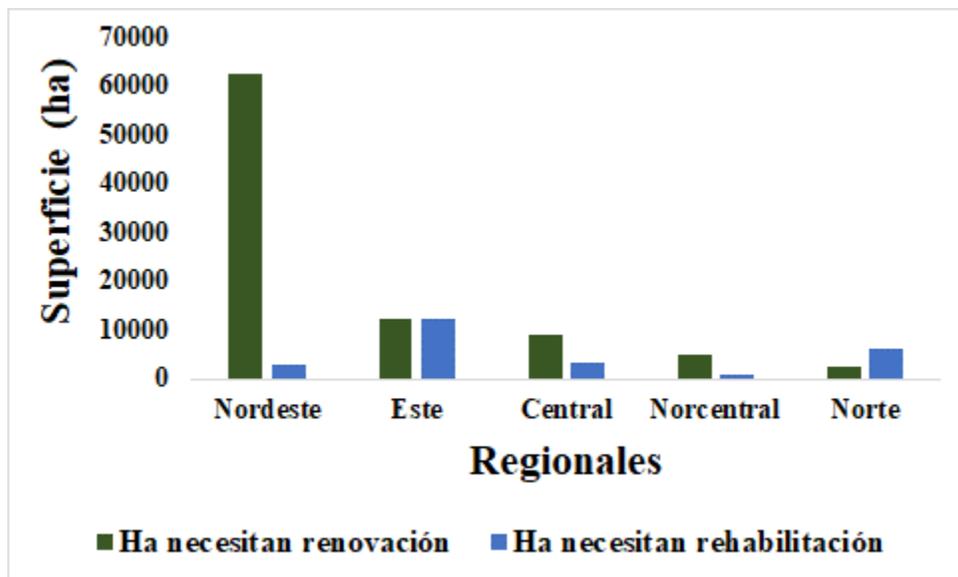


Anexo 15. Suelos predominantes según textura en las fincas productoras de cacao por regional, República Dominicana

Tipos de suelos	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral
Arcilloso	5	5	4	4	2
Arenoso	6	6	6	6	6
Limoso	4	4	5	5	4
Franco arcilloso	2	2	1	1	1
Franco arenoso	3	3	3	3	5
Franco limoso	2	2	1	1	3

*1= más común 6= menos común

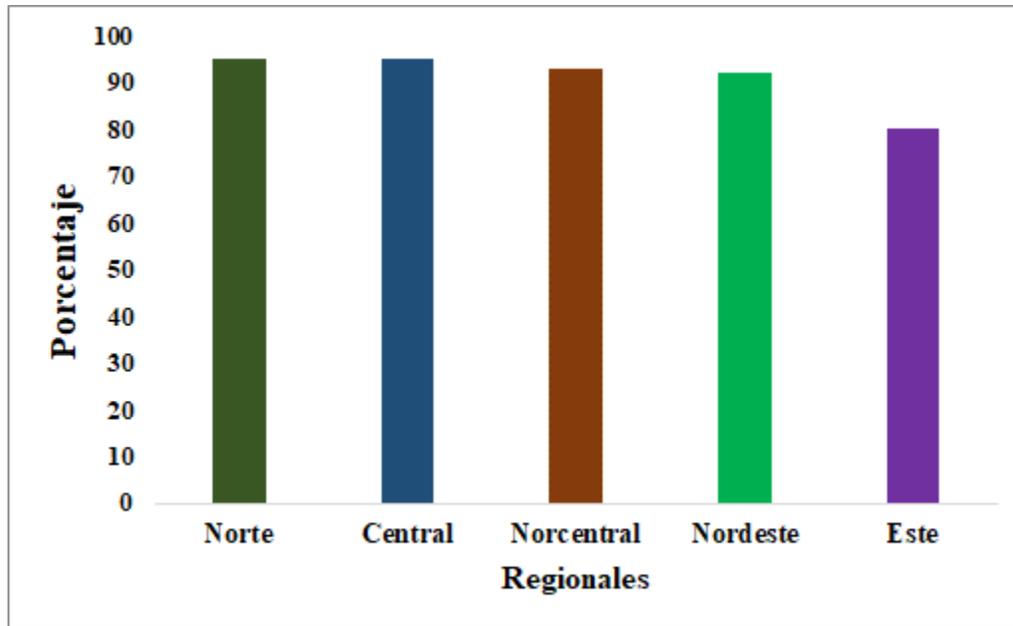
Anexo 16. Superficie de las plantaciones de cacao que requiere rehabilitación o renovación según regional, República Dominicana



Anexo 17. Existencia de aeropuertos, puertos y puestos fronterizos en las regionales productoras de cacao, República Dominicana

Regionales	Aeropuertos	Puertos	Puestos fronterizos
Nordeste	1. Aeropuerto Internacional Presidente Juan Bosch (AZS)	1. Puerto Arroyo Barril	No hay
Este	1. Aeropuerto Internacional de Punta Cana (PUJ) 2. Aeropuerto Internacional de La Romana (LRM)	1. Puerto de San Pedro de Macorís 2. Puerto de La Romana	No hay
Central	1. Aeropuerto Internacional Las Américas (SDQ) 2. Aeropuerto Internacional La Isabela (JBQ)	1. Puerto de Boca Chica, puerto Río Haina 2. Puerto Santo Domingo 3. Puerto Multimodal Caucedo	No hay
Norte	1. Aeropuerto Internacional del Cibao (STI) 2. Aeropuerto Internacional Gregorio Luperón (POP)	1. Puerto de Puerto Plata	No hay
Norcentral	No hay	No hay	No hay

Anexo 18. Eficiencia de cosecha en las fincas productoras de cacao según regional, República Dominicana



Anexo 19. Instrumento de recolección de información

Buenos días/tardes

Mi nombre es Enelvi Brito Sosa, estudiante del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Me encuentro realizando la investigación “Impacto socioeconómico de la entrada potencial de la moniliasis (*Monilophthora roreri*) del cacao a República Dominicana”. El objetivo principal de la investigación es determinar el impacto socioeconómico en la cadena de valor del cacao en República Dominicana, si llegara esta enfermedad.

Queremos solicitar su autorización para realizar una entrevista de 36 preguntas, que tiene una duración aproximada de unos 60 minutos, para conocer características, condiciones y particularidades que ayuden a determinar el grado de vulnerabilidad de las regionales de cacao ante la llegada eventual de la monilia al país.

Siéntase en la libertad de contestar las preguntas que crea convenientes. Por nuestra parte le aseguramos el anonimato de sus respuestas; la información proporcionada se utilizará únicamente con fines de investigación.

¿Está de acuerdo en participar en la encuesta y que utilicemos sus repuestas de manera anónima?

Grupo focal de expertos de la regional: _____

Nombre y apellido	Institución	Teléfono	De acuerdo

Objetivo: Conocer las características de las regionales de cacao con el propósito de asignar un grado de vulnerabilidad ante la llegada de la moniliasis a República Dominicana.

Panel de experto

Características de los productores

Por favor seleccionar la respuesta según corresponda

1. Según su experiencia, cuál es el rango de edad más común de los productores de cacao en su regional
 - a. 25-35
 - b. 36-45
 - c. 46-55
 - d. Mayor de 56

2. Según su experiencia, cuál es el nivel de escolaridad más común de los productores en su región

- a. Nini
- b. Primaria
- c. Secundaria
- d. Técnica
- e. Universitaria
- f. Posgrado

3. Según su experiencia, que porcentaje de los productores de su regional se puede considerar como productores de alta, media y baja tecnificación

Nivel tecnificación	Porcentaje del total de productores	Definición del nivel tecnológico
a. Alto		Realiza podas, fertilización, drenajes, tiene clones de alta productividad y tolerantes a las principales enfermedades, manejos sombreadores, sistema de riego, manejo óptimo del cacao
b. Medio		Realiza podas, fertilización es deficiente, tiene clones de alta productividad, manejo intermedio del cacao
c. Bajo		Realiza podas deficientes, no fertiliza, no maneja su cacaotal

4. Según su experiencia, del total de productores en su región ¿qué porcentaje cree usted que tienen título de tierra, rentan, o la trabajan a media, y qué porcentaje no tienen título?

Titulación	Porcentaje del total de productores en la región
Propia con título	
Propia sin título	
Rentada	
A media o aparcería	

5. ¿Cómo considera el nivel de asociatividad de los productores en su región?

- a. Alta
- b. Media
- c. Baja

6. En su región, ¿cuáles son las principales fuentes de crédito para el establecimiento, renovación y rehabilitación de plantaciones de cacao? Marque 1 para la fuente más importante y 5 como la fuente menos común.

Fuente financiera para establecimiento y renovación	Marque con 1 las más importante y con 5 la menos importante
Banco Agrícola	
Banco ADOPEN	
Casas comerciales	
Cooperativa	
Otra (especificar).	

7. En su región, ¿cuáles son las principales fuentes de crédito para el mantenimiento, manejo y rehabilitación de cacao? Marque con 1 la fuente más importante y con 5 la menos común.

Fuente financiera para mantenimiento, manejo y rehabilitación	Marque con 1 las más importante y con 5 la menos importante
Banco Agrícola	
Banco ADOPEN	
Casas comerciales	
Cooperativa	
Otra (especificar).	

8. En su región, ¿cuáles son las instituciones que tiene más cobertura en cuanto a la asistencia técnica a productores? Marque con 1 la fuente de mayor cobertura y con 4 la de menor cobertura.

Instituciones que proveen asistencia técnica	Marque con 1 las más importante y con 4 la menos importante
Ministerio de Agricultura	
Casas comerciales	
ONG	
Otra	

9. En su región, ¿cuál es la frecuencia con la que los productores reciben asistencia técnica?

- a. Semanal
- b. Quincenal
- c. Mensual
- d. Bimensual

10. En su región, ¿cuáles son los temas de asistencia técnica más demandados por el productor?

Fuente financiera para mantenimiento, manejo y rehabilitación	Marque con 1 la más demandada y con 6 la de menos demanda

MIPE (manejo integrado de plagas y enfermedades)	
Fertilización	
Poda	
Establecimiento y manejo de SAF	
Elaboración de abono orgánico	
Gestión empresarial	

Otras: _____

11. En su región, ¿cuál es el nivel de conocimiento que tiene el productor para controlar enfermedades fungosas? Favor expresar los valores en porcentaje por rango.

- a. Alto
- b. Medio
- c. Bajo

Conocer las características de las plantaciones

12. Según su experiencia, ¿cuáles son los tamaños más comunes de las fincas cacaoteras en su región? Favor indique los porcentajes que usted estima en cada rango.

Tamaño de las fincas	Porcentaje del total de productores
Menos de 25 tareas	
Entre 25 a 80 tareas	
Más de 80 tareas	

13. Según Batista (2009) y Rizek (2016), las regionales de Nordeste, Este, Central, Norte y Norcentral tienen 92 605, 18 500, 15 516, 14 500 y 6372 hectáreas sembradas de cacao, respectivamente. Existe la hipótesis de que el área de siembra ha aumentado. Según su experiencia, ¿cree usted que ha incrementado en su región?

- a. Sí,
- b. No
- c. No sé

14. Si contestó Sí, ¿cuánto tareas cree usted que ha incrementado la región entre el 2015-2020?:

15. Según su experiencia, ¿cuáles son las edades más comunes de las fincas cacaoteras en su región? Marque los porcentajes estimados que usted considera existe de cada grupo

Edades de las plantaciones	Porcentajes del total de plantaciones
8-35	
36-50	
>50	

16. ¿Cuáles son las variedades de híbridos e injertos de cacao más comunes en su regional? Enumere de 1 hasta n, las que son más comunes es su región.

Híbridos e injertos de cacao	Marque con 1 la más común, n es la menos común
Nativos	
1. ML-3	
2. ML-4	
3. ML-16	
4. ML-22	
5. ML-46	
6. ML-59	
7. ML-64	
8. ML-66	
9. ML-67	
10. ML-70	
11. ML-71	
12. ML-73	
13. ML-75	
14. ML-101	
15. ML-102	
16. ML-103	
17. ML-104	
18. ML-105	
19. ML-106	
20. ML-107	
21. IML-9	
22. IML-11	
23. IML-44	
24. IML-53	
Introducidos	
25. ICS-1	
26. ICS-6	

27. ICS-10	
28. ICS-39	
29. ICS-40	
30. ICS-60	
31. ICS-95	
32. ICS-100	
33. UF-29	
34. UF221	
35. UF-613	
36. UF-677	
37. UF-273	
38. EET-19	
39. EET-48	
40. EET-95	
41. EET-103	
42. EET-228	
43. EET-250	
44. EET-333	
45. EET-395	
46. EET-397	
47. EET-399	
48. EET-400	
49. SCA-6	
50. SCA-12	
51. PA-12	
52. PA-13	
53. IMC-67	
54. TSH-565	

Nota: Los clones que aparecen en el cuadro fueron tomados del libro “RIZEK Dominican Republic” (CNC 2019; Rizek 2016), el cual especifica que estos son los clones que están distribuidos en las zonas productoras de cacao a nivel nacional.

17. Según el informe del 2019 de la CNC, las regionales de Nordeste, Este, Central, Norcentral y Norte tienen una productividad promedio por tarea de 650, 450, 575, 550 y 525, respectivamente. Según su experiencia en su regional, ¿cuál es la productividad más común para una plantación que está en su pico de producción? Favor indicar el rango que captura la variabilidad en productividad para una plantación que está en su pico de producción.

- a. Productividad más común _____
- b. Productividad mínima _____
- c. Productividad máxima _____

18. ¿Cuál es la periodicidad de cosecha de los frutos maduros en la regional?

- a. Semanal
- b. Quincenal
- c. Mensual

19. Según su experiencia en la región, ¿cuál es la productividad por tarea mensual que tiene una plantación?

Mes	Productividad/tarea (kg)*
Enero	
Febrero	
Marzo	
Abril	
Mayo	
Junio	
Julio	
Agosto	
Septiembre	
Octubre	
Noviembre	
Diciembre	

*Favor sea lo más preciso posible ya que todo el modelo epidemiológico que se está desarrollando parte de la productividad mensual. Si es posible, utilice datos reales de una finca que conozca que lleve registros en su región.

20. La eficiencia de cosecha se entiende como el porcentaje de las mazorcas que se cosechan, del total de mazorcas maduras. ¿Según su experiencia, cuál es la eficiencia de cosecha de las mazorcas maduras en su regional? _____

21. En su regional, ¿qué porcentaje de los productores fertilizan sus plantaciones?

22. Favor describa el programa de fertilización más común en su regional: productos, dosis, y frecuencia

Producto	Dosis (lbs/tarea)	Frecuencia

23. ¿Cómo cambia ese programa de fertilización durante las etapas fenológicas del cultivo de cacao, favor explíquelo?

Año	Productos	Dosis (lbs/tarea)	Frecuencia
1			
2			
3			
4			
5			

24. Según su experiencia, ¿qué porcentaje de los productores de la regional realizan poda?
_____.

25. Marque con una x cuáles son los tipos de podas que se realizan en su regional y los meses en los que se llevan a cabo. Favor ranquear los tipos de poda de 1 hasta n, donde 1 es el más utilizado en su región.

Marque con x	Tipo de poda	Mes en que se realiza	Ranquear de 1 a n
	Formación		
	Rehabilitación		
	Mantenimiento		
	Fitosanitaria		

26. Según su experiencia en su regional, ¿los productores realizan poda de los árboles de sombra?

- a. Sí
- b. No

27. Según su experiencia en su regional, ¿qué porcentaje de los productores realizan poda de los árboles de sombra? _____

28. En su regional, a su criterio, ¿existe exceso de sombra en las plantaciones?

- a. Sí
- b. No

29. En su regional, según su experiencia, ¿cuántas tareas necesitan rehabilitación en los próximos 5 años? _____

30. En el 2019, a través del Departamento del cacao se comenzó un plan de rehabilitación de finca. Según su experiencia, ¿cuántas tareas fueron intervenidas en su regional con este plan?

31. ¿Cuántas tareas considera que necesitan renovación en esa regional en los próximos 5 años?

32. ¿En cuánto estima las pérdidas anuales en productividad por causa de roedores, carpintero y mazorca negra?

a. Mazorca negra (%): _____

b. Vertebrados plagas (roedores y pájaros carpinteros): _____

Características generales de la regional

33. ¿Tipo de suelo, según textura, que predomina en las plantaciones de cacao de su región?

Tipo de suelos	Marque con 1 la más común, n es la menos común
Arcilloso	
Limoso	
Arenoso	
Franco arcilloso	
Franco limoso	
Franco arenoso	

34. ¿Altitud en la que se encuentran las diferentes zonas productoras de cacao?

Promedio	Máximo	Mínimo

35. ¿Cuáles factores considera usted que pueden influir en la entrada de la monilia al país?

Cierre

Agradezco el tiempo brindado en responder las preguntas que ayudan al proceso de investigación. Para finalizar queremos darle un tiempo para que pueda expresar si tiene algún comentario extra o información relevante relacionadas al tema.

Agradezco nuevamente su tiempo y tomaré en cuenta los comentarios proporcionados.

Anexo 20. Matriz de índice de vulnerabilidad

Temática	Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral	Promedio	Mediana	Des Est
Entorno	<i>Periodicidad de acompañamiento técnico</i>	1	1	3	3	1	1.80	1.0	1.1
Entorno	<i>Cantidad de instituciones públicos y privadas que brindan asistencia</i>	1	1	1	2	2	1.40	1.0	0.5
Entorno	<i>Asociatividad</i>	1	1	1	1	1	1.00	1.0	0.0
Entorno	<i>Edad de los productores</i>	3	3	3	3	3	3.00	3.0	0.0
Entorno	<i>Tenencia de la tierra</i>	1	2	2	2	2	1.80	2.0	0.4
Entorno	<i>Instituciones que apoyan con financiamientos a los productores</i>	1	1	1	1	1	1.00	1.0	0.0
Entorno	Índice Entorno (0.33-1.0)	0.44	0.50	0.61	0.67	0.56	0.56	0.56	0.09
Temática	Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral	Promedio	Mediana	Des Est
Manejo de finca	<i>Buenas prácticas agrícolas</i>	2	2	2	2	2	2.00	2.0	0.0
Manejo de finca	<i>Edad de la plantación</i>	3	3	3	3	3	3.00	3.0	0.0
Manejo de finca	<i>Manejo de enfermedades fungosas</i>	3	3	3	3	2	2.80	3.0	0.4
Manejo de finca	<i>Textura del suelo</i>	2	2	1	1	1	1.40	1.0	0.5
Manejo de finca	<i>Rehabilitación y Renovación de plantaciones</i>	2	2	2	1	2	1.80	2.0	0.4
Manejo de finca	<i>Periodicidad de cosecha</i>	2	2	2	2	2	2.00	2.0	0.0
Manejo de finca	Índice Manejo de finca (0.33-1.0)	0.78	0.78	0.72	0.67	0.67	0.72	0.72	0.06
Temática	Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral	Promedio	Mediana	Des Est
Germoplasma	<i>Diversidad genética</i>	2	2	1	3	1	1.8	2	0.84
Germoplasma	<i>Compatibilidad de los clones</i>	1	2	1	1	2	1.4	1	0.55
Germoplasma	<i>Tolerancia</i>	1	3	3	3	3	2.6	3	0.89
Germoplasma	Índice Germoplasma (0.33-1.0)	0.44	0.78	0.56	0.78	0.67	0.64	0.67	0.14
Temática	Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral	Promedio	Mediana	Des Est
Punto de entrada al país	<i>Puerto</i>	3	3	3	3	2	2.8	3	0.45
Punto de entrada al país	<i>Aeropuerto</i>	3	3	3	3	2	2.8	3	0.45
Punto de entrada al país	<i>Puesto fronterizo</i>	1	1	1	1	1	1	1	0
Punto de entrada al país	Índice Punto de Entrada al País (0.33-1.0)	0.78	0.78	0.78	0.78	0.56	0.73	0.78	0.10
Temática	Métricas	Nordeste	Este	Central	Norte	Norcentral	Promedio	Mediana	Des Est
Clima	<i>Temperatura promedio</i>	3	3	3	3	3	3	3	0
Clima	<i>Humedad Relativa</i>	2	2	2	2	2	2	2	0
Clima	<i>Precipitación</i>	2	2	1	2	2	1.8	2	0.45
Clima	<i>Velocidad del viento</i>	1	3	1	3	2	2	2	1
Clima	Índice Clima (0.33-1.0)	0.67	0.83	0.58	0.83	0.75	0.73	0.75	0.11