



HUB-SMARTFRUIT-ALC: SOLUCIONES INTELIGENTES PARA SISTEMAS FAMILIARES FRUTÍCOLAS DE AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE EN EL ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Producto 12. “Integración de Línea Base con Datos Geoespaciales y propuesta de un Índice de Vulnerabilidad al CC para Sistemas Familiares Frutícolas de Chile y Costa Rica”

Alejandra Ribera Fonseca, Universidad de La Frontera, Chile.

Abel González Gelves, INIA Carillanca, Chile.

Luis Arauz, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Carlos Henríquez, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Emmanuel Jesús Céspedes, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Colaborador Externo al Proyecto

Fernando Santibáñez, Universidad de Chile, Chile.



2021

Número de serie



Códigos JEL: Q16

FONTAGRO (Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria) es un programa de cooperación administrado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), pero con su propia membresía, estructura de gobernabilidad y activos. Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, FONTAGRO, de sus Directorios Ejecutivos ni de los países que representan.

El presente documento ha sido preparado por Alejandra Ribera Fonseca, Universidad de La Frontera, Chile; Abel González Gelves, INIA Carillanca, Chile; Luis Arauz, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; Carlos Henríquez, Universidad de Costa Rica, Costa Rica; Emmanuel Jesús Céspedes, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

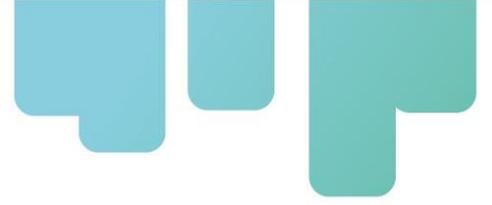
Copyright © 2021 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas. Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional. Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Esta publicación puede solicitarse a:

FONTAGRO

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org

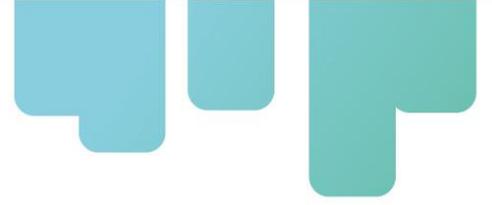




Resumen

Para obtener este producto, definido como una propuesta de construcción de un Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC) aplicable a los huertos en estudio, se realizó una revisión bibliográfica y de los productos relacionados disponibles a la fecha. Se ejecutaron reuniones para discutir la propuesta de creación del índice, en la cual participaron investigadores de Chile y Costa Rica. Luego de haber generado una propuesta inicial, esta fue presentada y discutida con un investigador experto en la temática, colaborador activo de nuestro proyecto, Dr. Fernando Santibáñez (Universidad de Chile), quien actualmente forma parte del HUB-SMARTFRUIT-ALC. Se incorporaron modificaciones a la propuesta inicial obteniendo una propuesta definitiva, la cual fue validada por los equipos de trabajo de Chile y Costa Rica y visada por el Panel Experto de este Proyecto, previo al envío a la Secretaría Técnica de Fontagro. La metodología que se presenta y discute, será aplicada durante el segundo año de ejecución del proyecto con los pequeños productores frutícolas asociados al proyecto, con el propósito de crear mapas de vulnerabilidad al cambio climático en las localidades de estudio, tanto en Chile como en Costa Rica y apoyar los procesos de adaptación al cambio climático en sistemas familiares frutícolas. Se espera que la metodología propuesta, sirva de apoyo para estimar el riesgo y generar escenarios de impactos por cambio climático en sistemas familiares frutícolas ALC.

Palabras Clave: índice de vulnerabilidad, sistemas familiares frutícolas, cambio climático, Latino América y El Caribe, ALC.



Información de Relevancia con una discusión técnica

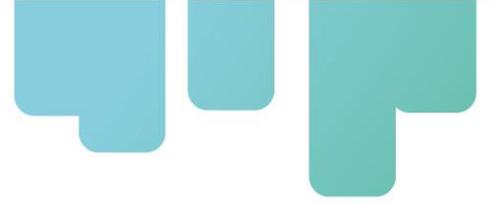
I Marco Teórico-Conceptual

En el transcurso del siglo XXI, se proyecta que los efectos del cambio climático reducirán el crecimiento económico y debilitarán los esfuerzos por reducir la pobreza y la seguridad alimentaria (Field et al., 2014). En América Latina y El Caribe (ALC), la diversidad agroecológica y demográfica hace que las expectativas para las distintas regiones sean muy variadas. Se espera que al sureste de América del Sur la productividad se mantenga o incremente para mediados de siglo, mientras que en Centroamérica la productividad podría disminuir. De acuerdo a Ordaz et al. (2010), tanto el incremento de temperaturas como la disminución en el nivel de las precipitaciones han superado los límites para alcanzar mayores niveles productivos.

Según el Estudio de la Variabilidad Climática en Chile para el Siglo XXI, realizado por el Departamento de Geofísica de la Universidad de Chile, la temperatura promedio aumentará entre 2°C y 4°C en las zonas agrícolas del país. Dicho incremento, causaría además una sostenida disminución de las precipitaciones. En efecto, las modificaciones en la temperatura y otras variables climáticas generan un escenario de mayor demanda hídrica en los cultivos. Estas alteraciones climáticas, continuarán modificando las condiciones agroecológicas y edáficas de las zonas frutícolas tradicionales, y al mismo tiempo están ocasionando el desplazamiento de la fruticultura hacia el sur de Chile.

La adaptación al cambio climático se puede definir como el rango de acciones que se toman en respuesta a cambios en las condiciones climáticas (Smit et al., 2000). El cambio frecuente de las condiciones climáticas genera grandes pérdidas económicas en el sector agropecuario. En este sentido, Costa Rica reporta un déficit hídrico de hasta un 50%, de igual modo en Chile, y en específico en la Región de La Araucanía, el déficit alcanzó un 70% durante el período estival 2019. Esta variación climática genera un efecto negativo en el rendimiento y calidad de la fruta. Frente a este panorama, la necesidad de disponer de herramientas que ayuden a reducir el impacto del efecto del cambio climático toma una gran relevancia, especialmente para sistemas frutícolas familiares (SFF) de América Latina y El Caribe (ALC).

Según Magaña et al. (2012), la Vulnerabilidad hace referencia al contexto físico, social, económico y ambiental de una determinada región, sector o grupo social, susceptible de ser afectado por un fenómeno climático. Así, de acuerdo al autor, la dinámica de este concepto debe ser documentada en su pasado reciente y proyectada hacia el futuro, a fin de prospectar los potenciales impactos del cambio climático en un determinado sistema. Considerando que no existe forma única de calcular la vulnerabilidad ante cambio climático, se vuelve necesario contar con elementos mínimos para realizar una adecuada evaluación (IPCC, 2012).

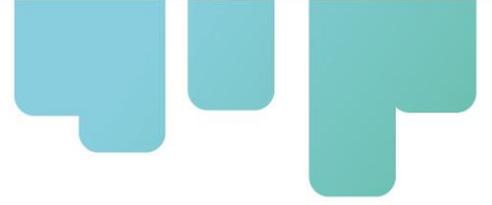


De acuerdo con Monterroso et al. (2012), la vulnerabilidad y la capacidad adaptativa son multidimensionales, complejas y no son fenómenos de observación directa (Downing et al., 2001), de ahí la dificultad en su evaluación. Sin embargo, se tienen estudios que han abordado esta problemática desde diferentes enfoques. Por ejemplo, se ha evaluado la vulnerabilidad a un determinado estresor, como la elevación del nivel del mar (Nicholls, 2002), la sequía (Fowler et al., 2003) o tormentas tropicales (Connor and Hiroki, 2005). También en evaluación de impactos del cambio climático (Barr et al., 2010). En este enfoque tradicional, se analiza el estresor y su correspondiente impacto, para examinar el sistema que es estresado y su capacidad de respuesta (Luers et al., 2003).

De acuerdo con Magaña et al (2012), el Cambio Climático puede ser considerado un problema de gestión de riesgo, en el cual las variaciones en la temperatura y precipitación resultan del incremento en la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI). El mismo autor agrega que, para reducir la magnitud de los impactos, se ha propuesto la reducción de emisiones de GEI, vale decir, realizar aplicar acciones de mitigación, mientras que, para reducir la Vulnerabilidad, se debe diseñar e implementar estrategias de adaptación al cambio climático, previo a lo cual es necesario comprender y analizar la vulnerabilidad de los sistemas frente a anomalías climáticas.

De acuerdo con Monterroso et al. (2012), en primera instancia, previo a una evaluación del impacto climático a nivel local, es necesario realizar un análisis a escala nacional. En la opinión de los autores, la escala nacional es apropiada para generar y dirigir información, ya que esta información es utilizada por los gobiernos para definir políticas. Si primero se identifican las regiones y las variables socioeconómicas o ambientales, es posible que sirvan como punto de partida para comprender y atender los procesos que causan vulnerabilidad localmente (O'Brien et al., 2004). El conocimiento de la vulnerabilidad de un sector y su distribución espacial permitirá dar paso a la generación de políticas hacia ciertos aspectos de una estrategia nacional de desarrollo, hacia un área geográfica o hacia algún grupo de población urgente de atender (PNUD, 2005). En el mismo contexto, Magaña et al. (2012), indica que sólo a través de la construcción de escenarios de riesgo cuantitativos, los tomadores de decisiones podrán priorizar las acciones de adaptación necesarias para prepararse a un clima diferente al actual. De acuerdo con los mismos autores, la propuesta metodológica para evaluar la vulnerabilidad debería considerar una secuencia lógica de 3 etapas: Diagnóstico, Modelo Conceptual y Validación. El modelo de vulnerabilidad que se construya permitirá, en combinación con escenarios de peligro, estimar los cambios en el riesgo, abriendo la oportunidad de abordarlo.

Analizando en mayor profundidad la definición de conceptos asociados los Índices de Vulnerabilidad, el Tercer Informe de Evaluación de IPCC (Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático), describe el concepto de Vulnerabilidad como “El grado en el cual un sistema es susceptible, o incapaz de contrarrestar, los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad y los eventos climáticos extremos. Así, la Vulnerabilidad es función del



carácter, magnitud y tasa de variación climática a la cual un sistema es expuesto, su sensibilidad y su capacidad adaptativa” (IPCC, 2001, pág. 995). En el mismo reporte, el concepto de Exposición es definido como “La naturaleza y el grado en el cual un sistema es expuesto a variaciones climáticas significativas”, mientras la Sensibilidad como “El grado en el cual un sistema es afectado, ya sea adversa o beneficiosamente, por estímulos relacionados al clima. El efecto puede ser directo (e.j. un cambio en el rendimiento de un cultivo en respuesta a un cambio en el promedio, rango o variabilidad de temperatura) o indirectos (e.j. daños causados por un incremento en la frecuencia de inundaciones costeras debido al aumento del nivel del mar). Por otra parte, en el mismo reporte se define Capacidad de Adaptación a “La capacidad de un sistema para adaptarse al cambio climático (incluida la variabilidad y extremos climáticos) para moderar los daños potenciales, aprovechar las oportunidades o hacer frente a las consecuencias” (Brooks, 2003).

En el mismo contexto, Ionescu et al. (2009) plantean que el cambio climático afectará a muchos grupos y sectores de la sociedad, pero en diferentes grados, debido a varias razones fundamentales, las cuales se presentan a continuación. Los efectos directos del cambio climático serán diferentes en diferentes localidades. En este contexto, de acuerdo con los autores, los modelos climáticos proyectan un mayor calentamiento en latitudes altas respecto de los trópicos, el aumento del nivel del mar no será uniforme en todo el mundo y los patrones de precipitación cambiarán de manera que algunas regiones experimentarán lluvias más intensas, otras regiones períodos secos más prolongados, mientras otras experimentarán ambas condiciones. Por otra parte, destacan que existen diferencias entre regiones y, entre grupos y sectores de la sociedad, las cuales determinan la importancia relativa de estos los efectos directos del cambio climático. Así, lluvias más intensas en algunas regiones pueden no provocar daños significativos, mientras en otras regiones, podrían provocar inundaciones devastadoras; el aumento del estrés por calor puede ser un inconveniente menor para los jóvenes, mientras para los ancianos puede ser fatal; las tormentas extra-tropicales pueden provocar daños por valor de miles de millones de dólares en Florida, mientras en Bangladesh, podría provocar la muerte de decenas de miles de personas. Además, los autores agregan que existen diferencias en la extensión en las cuales las regiones, grupos y sectores son hábiles para prepararse y responder frente a los impactos del cambio climático. En este respecto, explican que frente a la proyección de sequías más frecuentes, algunos agricultores podrán invertir en riego, mientras otros no podrán costear dicha tecnología, careciendo además de las habilidades para operarla.

Así, los investigadores concluyen que la definición de vulnerabilidad propuesta por el Tercer Informe de Evaluación de la IPPC es consistente con lo discutido en el párrafo anterior. Las diferencias en la exposición a los diversos efectos directos del cambio climático y las diferentes sensibilidades a estos efectos directos, conducen a diferentes impactos potenciales en un determinado sistema. La capacidad de adaptación de este sistema determinará así la vulnerabilidad del mismo a los impactos potenciales. La relación entre estos conceptos, se muestran en la Figura 1.

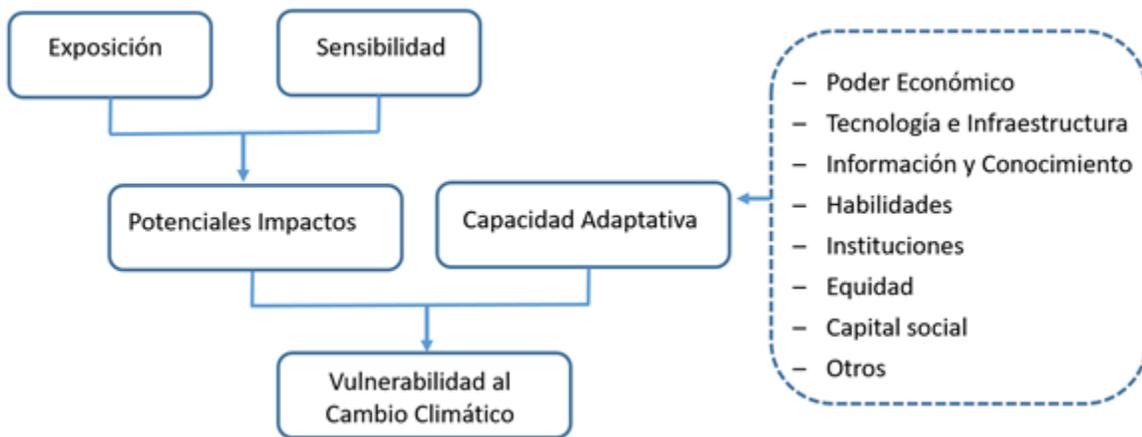
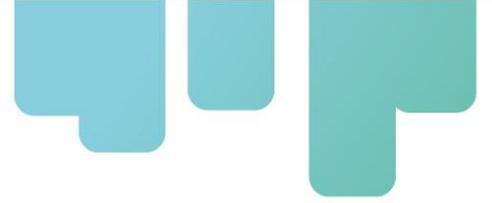


Figura 1. Representación gráfica de la conceptualización de la vulnerabilidad al cambio climático indicada en el Tercer Reporte de Evaluación del IPCC. Fuente: Ionescu et al. (2009).

Durante las últimas dos décadas, se han realizado una importante cantidad de investigaciones para comprender cómo el cambio climático podría afectar a sistemas naturales y sociales, así como para identificar y evaluar las opciones para responder a tales efectos (Ionescu et al. 2009). Estos estudios han resaltado diferencias entre los sistemas en lo que se denomina Vulnerabilidad al cambio climático, aunque sin definir necesariamente este término. De acuerdo con Füssel y Klein (2006), el significado de Vulnerabilidad en el contexto del cambio climático ha evolucionado en el tiempo. En base a la opinión de estos autores, la definición de Vulnerabilidad del Tercer Reporte de Evaluación de la IPCC, descrita anteriormente, no ha resultado útil y operativa para estudios de evaluación de la vulnerabilidad y además parece no concordar con los conceptos desarrollados y utilizados fuera de la comunidad del cambio climático (e.j. amenazas naturales, pobreza).

Sharma and Ravindranath, (2019) reportan que el Informe del Grupo de Trabajo II (2014) del IPCC, presenta la vulnerabilidad como una propiedad característica preexistente de un sistema. En consecuencia, para evaluarlo se emplean indicadores de "sensibilidad" y "capacidad de adaptación", que son propiedades internas de un sistema. De acuerdo a los autores, comparativamente, el informe del IPCC de 2007 considera a la "exposición" como un factor externo, como el tercer componente de la vulnerabilidad. Este estudio comparó la construcción del concepto de vulnerabilidad presentado en los informes del IPCC de 2007 y 2014, concluyendo que los que los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad obtenidos mediante la adopción del marco del informe del IPCC en 2014 son más útiles para reducir la vulnerabilidad actual en la preparación para enfrentar un futuro incierto. En el proceso, los investigadores destacan la importancia de "seleccionar indicadores de vulnerabilidad relevantes para las amenazas" y "evaluar la vulnerabilidad específica de las amenazas", indicando que el uso de estos conceptos puede mejorar la contextualización de una evaluación y, por lo tanto, la aceptabilidad de los resultados de la misma por parte de las partes interesadas.



Ionescu et al. (2009), indican que un marco de trabajo o estructura (*framework*) de la vulnerabilidad al cambio climático, debería estar orientado a entender la estructura de la vulnerabilidad, aclarar afirmaciones y resolver desacuerdos respecto al concepto. Debido a esto, en su estudio, los autores utilizan fórmulas matemáticas como un lenguaje para formular declaraciones tanto cualitativas como cuantitativas de manera concisa y precisa respecto a la vulnerabilidad de sistemas al cambio climático. De acuerdo al análisis de los autores, cada vez más es más aceptado que muchos estudios de vulnerabilidad al cambio climático, si bien son eficaces para alertar a los responsables de la formulación de políticas públicas respecto de las posibles consecuencias del cambio climático, estos han tenido una baja utilidad para proporcionar una orientación local respecto de las estrategias de adaptación y que la comunidad del cambio climático podría sacar provecho de experiencias adquiridas en estudios de seguridad alimentaria y peligros naturales (IISD, IUCN and SEI, 2003). Como resultado, la comunidad del cambio climático está actualmente involucrada en un proceso de analizar el significado de vulnerabilidad y redefinirlo de manera que los resultados de la evaluación sean más significativos para aquellos que desean reducir la vulnerabilidad.

La publicación “Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en la Región de América Latina y el Caribe”, elaborada y publicada en 2014 por el Banco de Desarrollo de América Latina (CAF), es un estudio que busca ofrecer una mayor comprensión respecto de la variación de la vulnerabilidad al cambio climático en toda la región de ALC y sus causas. De acuerdo a lo indicado en este artículo, la imposibilidad para disponer de un contexto consistente para identificar, comprender, gestionar y hacer seguimiento a la vulnerabilidad del cambio climático en la región de ALC representa el desafío clave que enfrentan los encargados del proceso decisorio en todos los sectores: público, privado y de la sociedad civil. Así, el estudio aborda ese reto proporcionando información e índices actualizados que describen la situación relativa de la vulnerabilidad al cambio climático en toda la región de ALC y en el plano nacional y sub-nacional (hasta 22 km²). El informe se elaboró en el contexto más amplio de los aportes a las tareas de mitigación y adaptación al cambio climático global del Programa Latinoamericano de Cambio Climático (PLACC) de CAF.

En esta publicación, se plantea que el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IVCC), evalúa el riesgo de exposición al cambio climático y a fenómenos extremos con respecto a la sensibilidad humana actual a esa exposición y a la capacidad del país para adaptarse a los impactos potenciales del cambio climático o aprovechar esos posibles impactos. De esta forma, el IVCC estaría compuesto por tres índices que, a su vez, son índices de riesgo diferenciados:

- Índice de Exposición (50%)
- Índice de Sensibilidad (25%)
- Índice de Capacidad Adaptativa (25%)



Los índices de riesgo presentan la evaluación comparable cuantificada de los riesgos del cambio climático en la región de ALC, los cuales 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).

Según este estudio (CAF, 2014), algunos de los hallazgos más importantes que plantea el análisis de la vulnerabilidad al cambio climático en la región de ALC, son los siguientes:

- ✓ Actualmente, más de 50% de la población de la región reside en países con riesgos ‘altos’ o ‘extremos’ de vulnerabilidad al cambio climático. Se proyecta que una proporción significativa del crecimiento futuro ocurra en zonas urbanas vulnerables, situación que acentúa la importancia de perfeccionar la normatividad que regula el uso del suelo con miras a evitar la intensificación de los riesgos de vulnerabilidad climática en las ciudades.
- ✓ Los países que enfrentan riesgos ‘altos’ o ‘extremos’ de vulnerabilidad climática son los que generan cerca de la mitad del PIB de la región de ALC. Así, cualquier crisis que se produzca en las economías de estos países probablemente tendrán impactos significativos en las perspectivas de que esos países desarrollen resiliencia, reduzcan la pobreza y logren un crecimiento económico estable y sostenible.
- ✓ Países dependientes de la agricultura, como los de América Central y las grandes naciones insulares del Caribe, con niveles relativamente altos de exposición, presentan los riesgos de vulnerabilidad más extremos.
- ✓ Las ciudades capitales de la región de ALC presentan vulnerabilidad significativa al cambio climático, con 48% de ellas incluidas en la categoría de ‘ciudades en riesgo extremo’. Asimismo, se determinó que, en muchos países, la vulnerabilidad es mayor en sus ciudades capitales en razón de la ubicación expuesta de esas ciudades y la concentración de las poblaciones y los activos en las mismas.

En la Tabla 1, se muestra el Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en la región ALC (Fuente: CAF, 2014), en la cual se observa que tanto Chile como Costa Rica, países ejecutores del presente Proyecto, presentaría una categoría de riesgo bajo.



Tabla 1. Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático en la región de América Latina y El Caribe (Fuente: tomado y modificado de CAF, 2014).

País	Posición	Puntaje	Categoría de riesgo	País	Posición	Puntaje	Categoría de riesgo
Haití	1	0,58	extremo	México	17	4,47	alto
Guatemala	2	0,75	extremo	Perú	18	4,98	alto
El Salvador	3	0,79	extremo	Panamá	19	5,57	medio
Honduras	4	0,92	extremo	Antigua y Barbuda	20	5,64	medio
República Dominicana	5	1,01	extremo	Brasil	21	5,77	medio
Nicaragua	6	1,19	extremo	Surinam	22	5,85	medio
Jamaica	7	1,50	extremo	San Kitts y Nevis	23	6,24	medio
Paraguay	8	1,58	extremo	Argentina	24	6,66	medio
Belice	9	2,25	extremo	Trinidad y Tobago	25	7,22	medio
Bolivia	10	2,48	extremo	Costa Rica	26	7,70	bajo
Venezuela	11	3,64	alto	Santa Lucía	27	8,25	bajo
Ecuador	12	3,76	alto	Uruguay	28	8,33	bajo
Dominica	13	3,85	alto	Bahamas	29	8,68	bajo
Cuba	14	3,90	alto	Chile	30	9,54	bajo
Guyana	15	4,23	alto	Granada	31	9,58	bajo
Colombia	16	4,30	alto	San Vicente y Las Granadinas	32	9,63	bajo
				Barbados	33	9,77	bajo

Esta información no concuerda precisamente con la expuesta en el Mapa de Índice de Vulnerabilidad presentado en el informe CAF (2014), citando a como Fuente a Maplecroft (2014) (Ver Figura 2), en el cual sólo Chile aparece como una localidad de riesgo bajo.

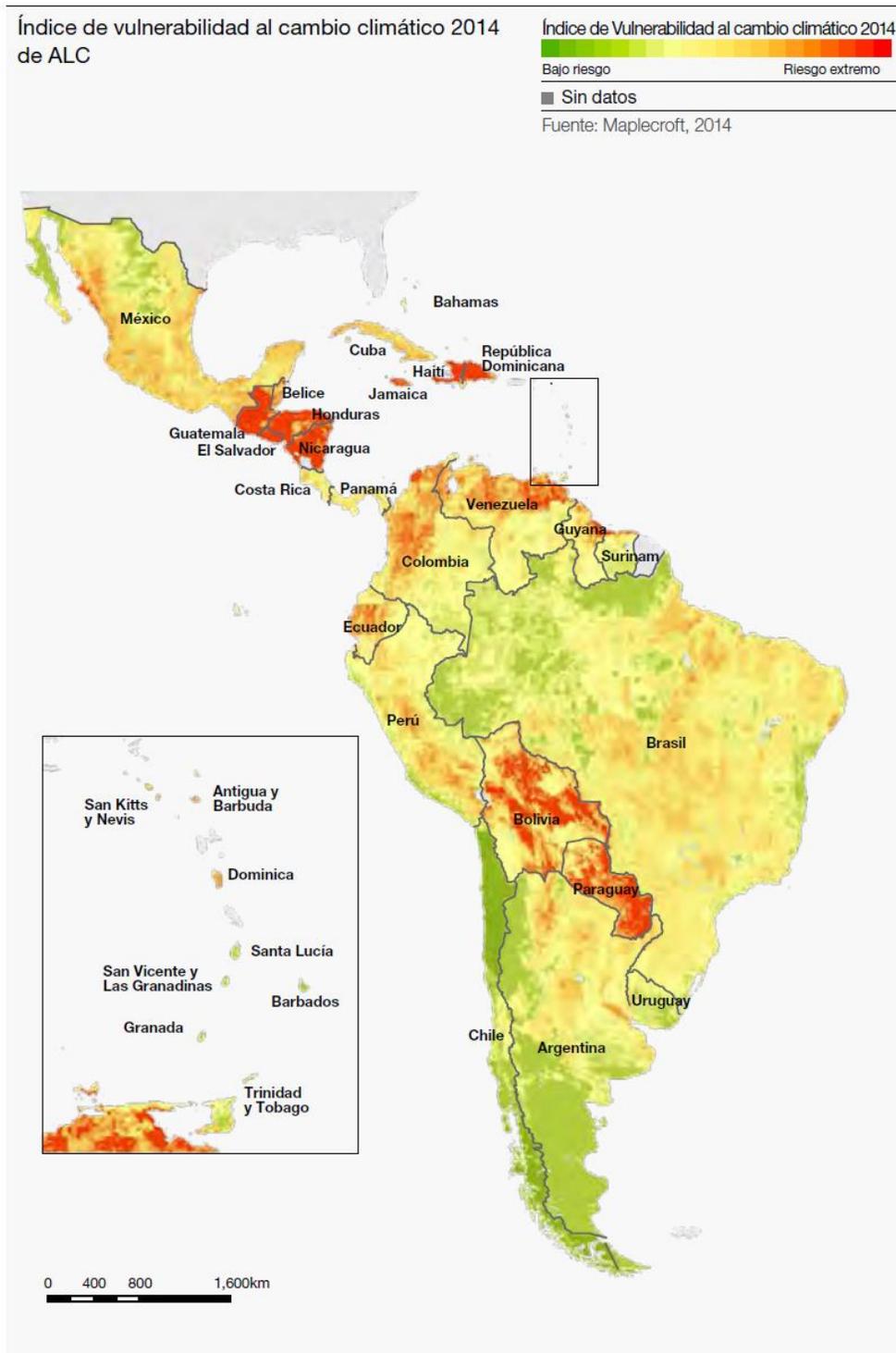


Figura 2. Mapa de Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático para la región de América Latina y El Caribe: Fuente: Marlecroft (2014), presentado en CAF (2014).



III. Metodología y Discusión Técnica

Previo a describir la metodología utilizada, es necesario mencionar que la construcción del Índice de Vulnerabilidad propuesto en este proyecto constituye uno de los productos de la actividad 2.2. (Creación de una línea base de datos en los huertos de Chile y Costa Rica). De acuerdo con lo indicado en la descripción de actividades del proyecto, la actividad propone levantar información relacionada a la exposición y sensibilidad de los huertos al Cambio Climático, para construir un Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático, en su dimensión productiva. Para ello, se propuso construir una Línea Base con información de más de 100 huertos tanto en Chile (arándanos y frambuesos) como en Costa Rica (naranjos y papayos), a fin de establecer los niveles de exposición y sensibilidad de los predios al estrés climático.

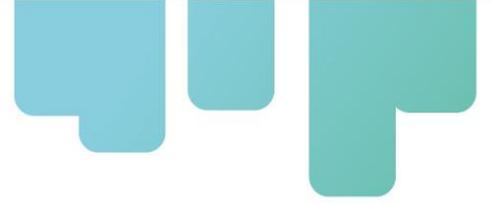
En base a los antecedentes revisados en la literatura, en primera instancia se propuso la construcción de un Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático (IV) para los Sistemas Familiares Frutícolas de Chile y Costa Rica, a partir de los siguientes componentes: Índice de Exposición (IE), Índice de Sensibilidad (IS) y Capacidad Adaptativa (CA), a través de la siguiente fórmula:

$$IVCC = (IE + IS) - CA$$

Dónde:

IVCC	=	Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático
IE	=	Índice de Exposición
IS	=	Índice de Sensibilidad
CA	=	Capacidad Adaptativa

A cada uno de estos componentes, se asignó una ponderación dentro la fórmula, siendo ésta de un 50% para IE, de un 25% para IS y de un 25% para CA. Las ponderaciones para cada uno de los componentes fueron asignadas a partir de investigaciones realizadas Bouroncle et al. (2015) y CAF (2014), en las cuales se estudió el impacto del cambio climático en la agricultura de Costa Rica y el Índice de Vulnerabilidad y Adaptación al Cambio Climático en América Latina y el Caribe, respectivamente. De tal manera, en el peor escenario, en el cual IE+IS alcancen sus máximos valores y no exista CA, el máximo valor de Vulnerabilidad podría alcanzar un 75%. Esto conllevaría luego a convertir este resultado a un valor relativo de 100%. En el caso de IE, para abordar de manera efectiva los casos donde se presenten pocas fincas o huertos con grandes áreas, por ejemplo, o viceversa, se seleccionaría la mediana del área. Además, para escalar la variable, se consideró el 25% debajo de la población -área de las fincas- o bien por encima del 75% de la población en referencia a la mediana, para asignar las escalas.



Desde el inicio de la discusión técnica, el equipo de trabajo concuerda en la importancia de la creación de un IVCC específico para la dimensión del sistema productivo de agricultores familiares, separadamente para cada especie de estudio: arándanos, frambuesos, naranjas y papayas; con el propósito de considerar las particularidades de cada especie en lo que refiere a su respuesta y tolerancia a eventos climáticos extremos, lo cual se relaciona directamente con la fisiología y fenología de cada cultivo.

En este modelo preliminar de construcción del IVCC, se consideró que las variables que construyen cada componente serían transversales para los países y especies, en términos de su ponderación. Por ejemplo, para el IE, el tamaño del huerto (hectáreas plantadas), mantendría siempre un 30% de peso en la ecuación, mientras la probabilidad de eventos extremos mantendría siempre un 20% de la ponderación, mientras los tipos de eventos extremos se deberían definir de manera específica para cada especie y país. Como se podrá analizar a continuación, en el componente IE, no se considera el precio promedio de venta de la fruta, ya que se trata de un indicador de alta variabilidad; el alza en los precios podría responder a una baja oferta de fruta, lo cual se podría generar por el impacto de un evento climático adverso. Además, en esta primera aproximación referente a la ponderación de las variables de área y producción, se acordó que una forma de discriminar sería usando la moda (en lugar del promedio o media), ya que esto evitaría el sesgo provocado por casos extremos (pocas fincas o huertos con áreas grandes, por ejemplo). Así, para la asignación de escalas en esta variable, se propuso considerar por debajo del 25% de la población o bien por arriba del 75% de la población, en referencia a la moda.

Esta propuesta preliminar de IVCC fue presentada y discutida con uno de los más cercanos y activos colaboradores de nuestro Proyecto en Chile, Dr. Fernando Santibáñez (Universidad de Chile), especialista en agroclimatología, modelos ambientales y cambio climático. En esta discusión, el experto plantea que existen fenómenos asociados al cambio climático que pueden provocar condiciones de “estrés crónicos” para ciertas especies frutales, provocando menores niveles de rendimiento, como por ejemplo la deficiencia de horas de frío y el aumento de temperaturas promedio en el periodo estival, lo que puede alterar la dinámica de los estados fenológicos de los cultivos. En este contexto, sugiere estudiar la factibilidad de considerar modelos que permitan analizar semanalmente los fenómenos que ocurren en cada etapa de desarrollo de las especies frutales en estudio, lo que finalmente permitirá realizar una estimación de las pérdidas productivas en respuesta a un determinado evento climático extremo. En el mismo contexto, el experto destaca que cada evento climático tendrá un cierto impacto en la productividad y calidad de la planta frutal, cuyo grado se puede estimar de manera más precisa considerando la probabilidad en la que este evento puede ocurrir. De acuerdo a su opinión, este aspecto se debe aplicar incluso en la utilización de índices espectrales, considerando los períodos de impacto al largo plazo, no sólo los eventos extremos o variaciones que ocurren durante la temporada de estudio. El ideal es tener una probabilidad histórica de eventos catastróficos o extremos, en un periodo de 30 años. Luego, se pueden



definir los parámetros de impacto por deciles, por ejemplo, considerar heladas de -1, -3 y -5, y a cada decil se puede asociar una merma de producción y así estimar un impacto en la producción.

En base lo antecedentes antes mencionados, el equipo decide considerar una nueva definición para los componentes de sensibilidad y vulnerabilidad, incluyendo nuevos componentes a la fórmula del IVCC. Así, se propone elaborar un Índice de Riesgo, en base a la merma productiva y la probabilidad del evento climático asociado, a fin de determinar la magnitud de la pérdida de rendimiento en el largo plazo, debido a un fenómeno climático, mientras la Sensibilidad dependerá de cada especie y de cada evento, siendo esta un conjunto de algoritmos que vinculan la intensidad del evento con el daño que produce dicho evento. El Impacto, se considerará el concepto que relaciona las variables antes mencionadas. En base a la opinión del experto Dr. Santibáñez, la Vulnerabilidad es un concepto social, todas las otras variables son datos cuantificables y duros, mientras este concepto tiene relación con la integración del sistema productivo, incluyendo al productor, por tanto, la Capacidad Adaptativa es una componente de la Vulnerabilidad.

En resumen, en el equipo se acuerda que las modificaciones que se aplicarían a la primera propuesta del IVCC, serán los siguientes:

- Para el componente de Exposición, separar el rendimiento de la superficie de la finca.
- Crear, por separado, un nuevo componente de riesgo climático.
- Respecto al componente de Sensibilidad, crear una curva de rendimientos decrecientes (pérdida de productividad) en función de la magnitud del evento.
- Crear un nuevo componente de Impacto, conformado por los componentes de exposición, riesgo y sensibilidad. Impacto: $E + R + S$.
- Respecto al rendimiento, se considerará una variable independiente que define el valor de los elementos en riesgo y que estará dado por la productividad de particular del productor.
- La Capacidad Adaptativa debería incluir elementos tecnológicos y sociales.
- Se propone además construir un algoritmo en el cual el índice de vulnerabilidad cuyo valor se extiende entre 0 y 1. Índice 0 señala que no existe vulnerabilidad y 1 es el valor de máxima vulnerabilidad productiva.
- Así, cuando el impacto y capacidad adaptativa sean iguales, el valor es 0 sin afectar el componente de rendimiento. De lo contrario, cuando el impacto sea mayor que la capacidad adaptativa, el IV aumentará (Ver tabla 2).



Tabla 2. Componentes del índice de vulnerabilidad, aplicable a huertos familiares de arándano alto en Chile.

Impacto (%)	100%	100%
Capacidad Adaptativa (%)	0%	100%
Rendimiento Real Finca (Kg*ha-1)	15.000	30.000
Valor de los elementos en riesgo (kg ha⁻¹)	15.000	30.000
Índice Vulnerabilidad Comparado	1	0

En base a estos antecedentes, se propone construir el IVCC, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{IVCC} = \text{IMPACTO} [(IE+RC+ IS) - (CA)] \times R$$

Dónde:

- IVCC = Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático
- IE = Índice de Exposición
- RC = Riesgo Climático
- CA = Capacidad Adaptativa
- R = Rendimiento (kg ha⁻¹)

Respecto a la posibilidad de utilizar datos satelitales para analizar las variables de cada componente del IVCC, el Dr. Santibáñez sugiere la creación de atlas climáticos y algoritmos de interpolación, utilizando imágenes termales de NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration), considerando datos desde el año 1983 al 2000. NOAA es un servicio climatológico de los Estados Unidos que administra una serie de satélites para estudio de la atmósfera orientados a las condiciones climáticas, siendo el sensor más utilizado con esas plataformas el AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer). Por ejemplo, el análisis de series históricas de NDVI permitirá analizar la frecuencia de eventos de extrema sequía, tomando en cuenta que, actualmente, los eventos de sequía no se producen sólo por la falta de precipitaciones, sino que, además, por el aumento de la temperatura y la tasa de evapotranspiración.

En las siguientes páginas, se muestra el detalle de variables que se considerarán en la construcción del IVCC, y sus respectivas ponderaciones, para cada una de las especies en estudio de este proyecto.



Tabla 3. Ponderación de los componentes del índice de vulnerabilidad y sus respectivas ponderaciones, aplicable a huertos familiares de arándano alto en Chile.



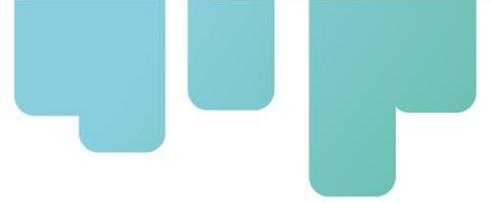
Componente	Ponderador (1)	Variable	Evento específico	Fuente de Información	Ponderador (2)	Criterio	Puntaje
INDICE DE EXPOSICIÓN (IE)	40%	ÁREA DE LAS FINCAS	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (HA)	Fuente: Línea de Base Agricultores	(40/100)	Tamaño < 0,5 abajo mediana	10
						Tamaño (0,5-1) Mediana	20
						Tamaño >0,75 arriba Mediana	40
RIESGO CLIMÁTICO (RC)	30%	PROBABILIDAD DE EVENTO "EXTREM	PROBABILIDAD DE LLUVIA EN FLORACIÓN Y COSECHA (DIC-ENE)	Fuente: (1)EMA más cercana al punto. (2) Distritos Agroclimáticos (3) Biblioteca de datos Climáticos (IPS)	(10/30)	Probabilidad de ocurrencia de 0,1	5
						Probabilidad de ocurrencia de 0,5	15
						Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 Desviación Estándar (DE)	5
			PROBABILIDAD O PRONÓSTICO DE DÉFICIT HÍDRICO EN PRIMAVERA	Fuente: (1) EMA más cercana al punto. (2) Biblioteca de datos Climáticos (3) Atraves de NVDI Historico/Temperatura de superficie (4)	(10/30)	Probabilidad de ocurrencia. Menos de 2 DE	10
						Probabilidad de ocurrencia. Más de 2 DE	15
						Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 DE	5
			PROBABILIDAD DE HELADAS EN FLORACIÓN (OCT-NOV)	Fuente:(1)EMA más cercana al punto. (2) Distritos Agroclimáticos (3) Biblioteca de datos Climáticos (IPS)	(10/30)	Probabilidad de ocurrencia. Menos de 2 DE	10
						Probabilidad de ocurrencia. Más de 2 DE	15
						Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 DE	5
INDICE DE SENSIBILIDAD (IS)	30%	SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A EXCESO PRECIPITACIÓN EN FLORACIÓN Y COSECHA	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a mucha lluvia	5
						Muy sensible a mucha lluvia	10
		SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a poca lluvia	5
						Muy sensible a poca lluvia	10
		TIPO DE CULTIVO	FENOLOGÍA - DÍAS DESPUES DE BROTAÇÃO (DDB)	Literatura (UFRO-INIA)	(5/30)	Remontante	1
		VELOCIDAD AFECTACIÓN ENFERMEDEAS Y PLAGAS	INCIDENCIA (%)	Consulta Coista Rica	(5/25)	No Remonante	5
				Poco sensible en el tiempo	1		
				Muy sensible en el tiempo	5		
CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)	100%	EXISTENCIA DE SISTEMA DE RIEGO	SISTEMA DE IRRIGACIÓN	Encuesta Productores	(20/100)	Existencia de sistema y funcional	20
						Posibilidad de instalación	10
		CONDICIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	EXCESO/DÉFICIT HÍDRICO	Encuesta Productores	(20/100)	No existe un sistema	5
						Pozo Noria	5
		NIVEL MANEJO TECNICO AGRONÓMICO	PROGRAMACIÓN DEL RIEGO	Encuesta Productores	(10/100)	Fuente agua superficial	10
						Pozo profundo	20
		SISTEMA DE PROTECCIÓN DE CULTIVOS	TECHOS PARA PROTECCIÓN DE LLUVIAS EN FLORACIÓN Y COSECHA	Encuesta	(20/100)	Programación de riego	10
						Sin programación de Riego	0
		SISTEMA DE PROTECCIÓN DE CULTIVOS	SISTEMA DE CONTROL DE HELADAS	Encuesta	(20/100)	Tiene Techo	20
						No Tiene Techo	0
		CAPACIDAD GESTIÓN ADMINISTRATIVA	GESTIÓN	Encuesta directa a los directivos	(10/25)	Tiene Control de Heladas	20
						No Tiene Control de Heladas	0
				Existe estrategia administrativa	5		
				No existe una estrategia administrativa	0		
PRODUCCIÓN	No aplica	PRODUCCIÓN	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	Encuesta Productores	No aplica	Rendimiento promedio	



Tabla 4. Ponderación de los componentes del índice de vulnerabilidad y sus respectivas ponderaciones, aplicable a huertos familiares de frambuesa en Chile.



Componente	Ponderador (1)	Variable	Evento específico	Fuente de Información	Ponderador (2)	Criterio	Puntaje
INDICE DE EXPOSICIÓN (IE)	40%	ÁREA DE LAS FINCAS	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (HA)	Fuente: Línea de Base Agricultores	(40/100)	Tamaño < 0,5 abajo mediana	10
						Tamaño (0,5-1) Mediana	20
						Tamaño >0,75 arriba Mediana	40
RIESGO CLIMÁTICO (RC)	30%	PROBABILIDAD DE EVENTO "EXTREMO"	PROBABILIDAD DE LLUVIA EN FLORACIÓN Y COSECHA (DICE-ENE)	Fuente:(1)EMA más cercana al punto. (2) Distritos Agroclimáticos (3) Biblioteca de datos Climáticos (IPS)	(15/30)	Probabilidad de ocurrencia de 0,1	5
			PROBABILIDAD/PRONÓSTICO DE DÉFICIT HÍDRICO DE PRIMAVERA (2 DE DE BAJO MEDIA 25 AÑOS) (AÑO)	Fuente: (1) EMA más cercana al punto. (2) Biblioteca de datos Climáticos (3) Atraves de NVDI Histórico/Temperatura de superficie (4)		Probabilidad de ocurrencia de 0,5	15
			PROBABILIDAD DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función pérdida rendimiento y magnitud del evento	(10/30)	Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 DE	5
						Probabilidad de ocurrencia. Más de 2 DE	15
INDICE DE SENSIBILIDAD (IS)	30%	SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A EXCESO PRECIPITACIÓN EN FLORACIÓN Y COSECHA	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función pérdida rendimiento y magnitud del evento	(10/30)	Poco sensible a mucha lluvia	5
						Muy sensible a mucha lluvia	10
		SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función pérdida rendimiento y magnitud del evento	(10/30)	Poco sensible a poca lluvia	5
						Muy sensible a poca lluvia	10
		TIPO DE CULTIVO	FENOLOGÍA: DÍAS DESPUES DE BROTEACIÓN (DDB)	Literatura (UFRO-INIA)	(5/30)	Remontante	1
VELOCIDAD AFECTACIÓN ENFERMEDADES Y PLAGAS	INCIDENCIA (%)	Consulta Coista Rica	(5/25)	No Remontante	5		
CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)	100%	EXISTENCIA DE SISTEMA DE RIEGO	SISTEMA DE IRRIGACIÓN	Encuesta Productores	(20/100)	Existencia de sistema y funcional	20
						Posibilidad de instalación	5
						No existe un sistema	0
		CONDICIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	EXCESO/DÉFICIT HÍDRICO	Encuesta Productores	(20/100)	Pozo Noria	5
						Fuente agua superficial	10
						Pozo profundo	20
		NIVEL MANEJO TÉCNICO AGRONÓMICO	PROGRAMACIÓN DEL RIEGO	Encuesta Productores	(15/100)	Programación de riego	15
						Sin programación de Riego	0
		SISTEMA DE PROTECCIÓN DE CULTIVOS	Techos protector exceso de precipitaciones	Encuesta	(20/100)	Tiene Techo	20
						No Tiene Techo	0
CAPACIDAD GESTIÓN ADMINISTRATIVA	GESTIÓN	Encuesta directa a los directivos	(5/25)	Existe estrategia administrativa	5		
				No existe una estrategia administrativa	0		
PRODUCCIÓN+B13: I40E22B18:I40	No aplica	PRODUCCIÓN	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	Encuesta Productores	No aplica	Rendimiento del productor	



A continuación, se muestra un resumen de las principales fuentes de información que permitirían abordar la creación del IVCC para arándano y frambueso, aplicable a huertos frutícolas familiares de Chile.

Índice de Exposición: Grado de exposición de los cultivos agrícolas a los cambios causados por el clima, a causa del impacto del cambio climático. Tiene relación con la determinación de la superficie expuesta frente a eventos de riesgo climático. Entre las variables a determinar en el índice de exposición serán Superficie expuesta del cultivo (ha). Como fuente de información se realizó una encuesta a agricultores donde se determinó la superficie específica de producción de cada especie.

Riesgo Climático: se relaciona con la probabilidad de la ocurrencia de un evento climático ocasionado en un periodo fenológico capaz de ocasionar daño en el cultivo, expresado en un detrimento de la producción del cultivo, el cual produce una pérdida económica al agricultor incrementando su vulnerabilidad. Como fuente de información se recurrirá en primera instancia a información climática generada por INIA a través de la unidad de agrometeorología. En la región de la Araucanía existen actualmente 32 estaciones meteorológicas INIA, cuya información está contenida en la página www.agrometeorologia.cl. Existen algunas estaciones meteorológicas (EMas) cuyo historial de registro es reciente (menos de 2 años) por lo que se deberá en algunos territorios cercanos a los predios de los agricultores a otras fuentes de información. La biblioteca de datos climáticos (<http://www.climatedatalibrary.cl/>), es un poderoso almacén de datos disponible libremente en línea y una herramienta de análisis que permite visualizar, analizar, y bajar datos relacionados al clima, a través de un navegador estándar de Internet. En dicho servidor es posible obtener información de pronóstico y probabilidad de sequías, y la obtención de índice de precipitación estandarizado (PSI) en una navegador SIG, el cual puede comparar dichos valores con los puntos de localización geográfica de cada huerto de los productores en estudio. El estudio de zonificación climática en su tomo IV, <http://www.agrimed.cl/contenido.asp?Id=9&Titulo=Atlas%20Agroclimatico%20de%20Chile>, será una fuente de información que será utilizada para ubicar a los agricultores en cada uno de los distritos agroclimáticos definidos para la región de La Araucanía. Para cada distrito se describe en detalle indicadores agroclimáticos de relevancia para la construcción del índice de vulnerabilidad como la probabilidad de riesgo de heladas, grados día y acumulación mensual de horas frío. Por otra parte, se considerará el uso de información de imágenes satelitales históricas, que permitirán determinar evolución de temperatura de superficie en los distintos territorios en los cuales se ubican los agricultores.

Índice de sensibilidad: Variables asociadas al sistema productivo que determinan al grado de susceptibilidad de los cultivos respecto a los cambios en clima por efecto el Cambio Climático. Se relaciona a la magnitud de la pérdida de productividad y/o calidad frente a la ocurrencia de un evento climático extremo. Entre las variables que serán estimadas se encuentran:



Temperatura

- (a) % pérdida de rendimiento por efecto de heladas en floración y cuaja.
- (b) % pérdida de calidad por efecto de temperaturas sobre 28°C en periodo de cosecha.

Precipitaciones

- % pérdida de rendimiento por efecto de precipitaciones concentradas en floración de los cultivos.
- % pérdida de calidad por efecto de precipitaciones en cosecha.
- % pérdida de rendimiento y calidad por efecto de sequía anual durante la temporada.

Entre las fuentes de información a las cuales se recurrirá para la construcción de este índice, se hará uso de la metodología propuesta por FAO (<https://elearning.fao.org/course/view.php>), la cual se utiliza para evaluar los daños y las pérdidas económicas causadas por eventos de pequeña, mediana y gran escala en todos los rubros agropecuarios (cultivos, ganadería, forestación, pesca y acuicultura). La metodología de trabajo se presentan las fórmulas que se utilizan para calcular los daños y pérdidas en los sectores agrícolas, particularmente en el área de cultivos. En dicha metodología se describen en detalle cómo se determinan los daños a la producción, pérdidas de producción, y daños a activos. Asimismo, se utilizará información local determinada por estudios de variabilidad de climática en las especies en estudio que se encuentren disponibles en cada especie y encada país.

Capacidad Adaptativa: Capacidad de adoptar soluciones o tecnologías para superar un período climático adverso para el sistema productivo. Se dará especial importancia a la evaluación de los sistemas de irrigación de los productores, fuente de agua, exceso o déficit hídrico, sistemas de protección de cultivos, sistemas de control de heladas y capacidad de gestión administrativa. Las fuentes primarias de información corresponderán a encuesta de caracterización de agricultores, que fue ejecutada durante el levantamiento de la línea de base, a partir de la cual se realizará un balance hídrico que permitirá estimar la eficiencia de uso de agua y su programación de riego, insumo relevante en el cual se desarrollará soluciones a través del sistema OpenFruit a desarrollar en este proyecto.



Tabla 4. Ponderación de los componentes del índice de vulnerabilidad y sus respectivas ponderaciones, aplicable a huertos familiares de naranja en Costa Rica.



Componente	Ponderador (1)	Variable	Evento específico	Fuente de Información	Ponderador (2)	Criterio	Puntaje
INDICE DE EXPOSICIÓN (IE)	40%	ÁREA DE LAS FINCAS	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (HA)	Fuente: Línea de Base Agricultores	(40/100)	Tamaño < 0,5 abajo mediana	10
						Tamaño (0,5-1) Mediana	20
						Tamaño >0,75 arriba Mediana	40
RIESGO CLIMÁTICO (RC)	30%	PROBABILIDAD DE EVENTO "EXTREMO"	PROBABILIDAD DE LLUVIA EN FLORACIÓN Y COSECHA (FI: ABR-JUN/NOV-DIC CSH: MAY-JUL/OCT-DIC)	Retana (2012)	(15/30)	Probabilidad de ocurrencia de 0,1	5
						Probabilidad de ocurrencia de 0,5	15
			PROBABILIDAD/PRONÓSTICO DE DÉFICIT HÍDRICO (DIC-ABR)	Retana (2012)	(15/30)	Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 Desviación Estándar (DE)	5
						Probabilidad de ocurrencia. Menos de 2 DE	10
						Probabilidad de ocurrencia. Más de 2 DE	15
INDICE DE SENSIBILIDAD (IS)	30%	SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A EXCESO PRECIPITACIÓN EN FLORACIÓN Y COSECHA	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a mucha lluvia	5
						Muy sensible a mucha lluvia	10
		SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a poca lluvia	5
						Muy sensible a poca lluvia	10
		TIPO DE CULTIVO	PERENNE/ANUAL	MAG	(5/30)	Permanente	1
				Anual	5		
		VELOCIDAD AFECTACIÓN ENFERMEDADES Y PLAGAS	INCIDENCIA (%)	Consulta Costa Rica	(5/25)	Poco sensible en el tiempo	1
						Muy sensible en el tiempo	5
CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)		CONDICIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	EXCESO/DÉFICIT HÍDRICO	Encuesta Productores	(50/100)	Existencia de sistema y funcional	50
						Possibilidad de instalación	10
						No existe un sistema	0
		NIVEL MANEJO TÉCNICO AGRONÓMICO	FERTILIZACIÓN Y FITOPROTECCION	Encuesta Productores	(25/100)	Con programa de manejo agronómico y apl	25
						Sin programa de manejo agronómico	0
		CAPACIDAD GESTIÓN ADMINISTRATIVA	GESTIÓN	Encuesta directa a los directivos	(25/25)	Existe estrategia administrativa	25
						No existe una estrategia adminisrativa	0
PRODUCCIÓN	No aplica	PRODUCCIÓN	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	Encuesta Productores	No aplica	Rendimiento del productor (kg ha ⁻¹)	



Tabla 5. Ponderación de los componentes del índice de vulnerabilidad y sus respectivas ponderaciones, aplicable a huertos familiares de papayas en Costa Rica.



Componente	Ponderador (1)	Variable	Evento específico	Fuente de Información	Ponderador (2)	Criterio	Puntaje
INDICE DE EXPOSICIÓN (IE)	40%	ÁREA DE LAS FINCAS	SUPERFICIE EN PRODUCCIÓN (HA)	Fuente: Línea de Base Agricultores	(40/100)	Tamaño < 0,5 abajo mediana	10
						Tamaño (0,5-1) Mediana	20
						Tamaño >0,75 arriba Mediana	40
RIESGO CLIMÁTICO (RC)	30%	PROBABILIDAD DE EVENTO "EXTREMO"	PROBABILIDAD DE LLUVIA EN FLORACIÓN Y COSECHA (FI: JUL-OCT-ENE CSH: DIC-ABR-JUL)	Retana (2012)	(15/30)	Probabilidad de ocurrencia de 0,1	5
						Probabilidad de ocurrencia de 0,5	15
			PROBABILIDAD/PRONÓSTICO DE DÉFICIT HÍDRICO (FEB-ABR)	Retana (2012)	(15/30)	Probabilidad de ocurrencia. Menos de 1 Desviación Estándar (DE)	5
						Probabilidad de ocurrencia. Menos de 2 DE	10
						Probabilidad de ocurrencia. Más de 2 DE	15
INDICE DE SENSIBILIDAD (IS)	30%	SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A EXCESO PRECIPITACIÓN EN FLORACIÓN Y COSECHA	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a mucha lluvia	5
						Muy sensible a mucha lluvia	10
		SENSIBILIDAD DEL CULTIVO A DÉFICIT DE PRECIPITACIÓN	PÉRDIDA DE PRODUCTIVIDAD (%)	Se propone hacer un algoritmo en función perdida rendimiento y magnitud del del evento	(10/30)	Poco sensible a poca lluvia	5
						Muy sensible a poca lluvia	10
		TIPO DE CULTIVO	PERENNE/ANUAL	MAG	(5/30)	Permanente	1
				Anual	5		
		VELOCIDAD AFECTACIÓN ENFERMEDADES Y PLAGAS	INCIDENCIA (%)	Consulta Costa Rica	(5/25)	Poco sensible en el tiempo	1
						Muy sensible en el tiempo	5
CAPACIDAD ADAPTATIVA (CA)		CONDICIÓN DEL RECURSO HÍDRICO	EXCESO/DÉFICIT HÍDRICO	Encuesta Productores	(50/100)	Existencia de sistema y funcional	50
						Posibilidad de instalación	10
						No existe un sistema	0
		NIVEL MANEJO TECNICO AGRONÓMICO	FERTILIZACION Y FITOPROTECCION	Encuesta Productores	(25/100)	Con programa de manejo agronómico y apl	25
				Sin programa de manejo agronómico	0		
CAPACIDAD GESTIÓN ADMINISTRATIVA	GESTIÓN	Encuesta directa a los directivos	(25/25)	Existe estrategia administrativa	25		
				No existe una estrategia adminsitrativa	0		
PRODUCCIÓN	No aplica	PRODUCCIÓN	RENDIMIENTO (Kg ha ⁻¹)	Encuesta Productores	No aplica	Rendimiento del productor	



A continuación, se muestra un resumen de las principales fuentes de información que permitirían abordar la creación del IVCC para papaya y naranja, en los cuales se enfocan respectivamente las cooperativas CoopeParritaTropical R.L (productores de papaya) y CoopeCerroAzul R.L. (productores de naranjas) de Costa Rica, agrupaciones de pequeños productores asociadas a este proyecto.

Para el caso del índice de exposición (IE), el cual se ejecuta considerando el área de las fincas. Los datos provistos por cada una de las cooperativas poseen la información espacial de la distribución de las parcelas de los productores y la extensión de cada una de ellas (CoopeCerroAzul R.L, 2021; CoopeParritaTropical, 2021).

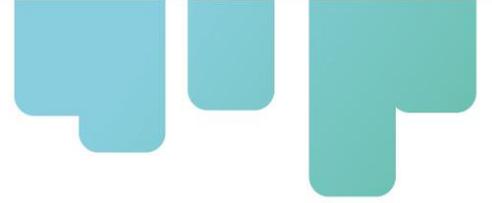
Desde el caso del riesgo climático (RC), considerando al riesgo como la probabilidad de perder ante un evento, se consideró el estudio desarrollado por Retana, (2012) donde se muestra el riesgo por evento extremo climático dividido en evento extremo seco y evento extremo lluvioso para el caso de los cantones de Costa Rica. Desde esta perspectiva el “caso del riesgo climático, se entiende que es la posibilidad de perder un bien, si un evento hidrometeorológico extremo impacta negativamente una actividad socio-productiva o una zona geográfica particular” (Retana, 2012, p.12).

Además, según Retana (2012), las categorías de probabilidad se pueden dividir en:

- 1-Alto (100%)
- 2-Medio-alto (80%)
- 3-Medio (60%)
- 4-Medio-bajo (40%)
- 5-Bajo (20%)

También se encuentra disponible la información de Temperatura (°C), Humedad Relativa (%), Lluvia (mm) y Días con lluvia (mm) que posee el Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica en las estaciones meteorológicas más cercanas las cooperativas. Para el caso de CoopecerroAzul R.L las estaciones disponibles son, Paquera (con datos de 2003-2018) y La Ceiba (2000-2018) y en el caso de CoopeParritaTropical R.L, la estación de Damas (con datos de 1991-2018) ubicada en San Antonio de Aguirre (IMN, 2021).

Desde el índice de sensibilidad (IS) y capacidad adaptativa (CA), las fuentes de información central sería la información otorgada o que se pueda obtener a través de encuestas/entrevistas a las cooperativas. Y de fuentes de información secundaria generadas por Ministerio de Agricultura y Ganadería y otras entidades estatales con información relacionadas a las agrocadenas de los cultivos de naranja y papaya (Bogantes et al., 2011; INFOCOOP, 2012; Jiménez, 2012; MAG, 2007, 1991).



Respecto al Índice de Sensibilidad, el equipo de trabajo concuerda en que información respecto del impacto de eventos meteorológicos asociados al cambio climático en la merma de producción de los sistemas frutícolas (relacionado al concepto de Sensibilidad), es limitada, siendo esta una importante limitante para la construcción de Índices de Vulnerabilidad. En este contexto, se propone utilizar las funciones de producción propuestas por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (Boletín FAO 56; Allen et al., 1998), específicamente para el estado hídrico de cultivos.

Es importante destacar que información relacionada a la Sensibilidad al Cambio Climático en especies de cultivo, fue discutida recientemente en el Webinar “Evaluar daños y pérdidas por desastres en América Latina y El Caribe: claves para una agricultura resiliente”, realizado en abril de 2021 (<https://www.fao.org/americas/eventos/ver/es/c/1397670/>), en el cual especialistas de Brasil, Bolivia, Argentina, Paraguay, Uruguay y Chile, destacaron la relevancia de construir sistemas nacionales para evaluar los daños y las pérdidas económicas causados por el Cambio Climático en los diferentes subsectores agrícolas. En este evento se presentaron avances concretos en países de la región. Los organizadores indicaron que, de acuerdo con el reciente informe de la FAO, entre el 2008 y el 2018, los productores de cultivos, ganado, pesca, acuicultura y silvicultura de los países menos adelantados y, de ingresos bajos y medios, absorbieron el 26% del impacto global causado por los desastres de mediana y gran escala. Además, destacaron que la FAO ha puesto a disposición de los países ALC una metodología para evaluar daños y pérdidas económicas causadas por eventos climáticos de pequeña, mediana y gran escala, en todos los rubros agropecuarios, incluyendo el sub-sector de cultivos, siendo Chile, el único país en la región que a la fecha ha adoptado esta metodología y que además se encuentra en proceso de digitalización del procedimiento mediante la creación de plataformas. Considerando estos antecedentes, proponemos avanzar en el levantamiento de esta información, aplicando las metodologías propuestas por la FAO mencionadas anteriormente, disponibles en el link <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture/knowledge/methods/es/>.

Además, INIA-Carillanca (Chile), Centro de Investigación co-ejecutor de este proyecto, ha previamente levantado información relacionada al impacto negativo de eventos climáticos extremos en los rendimientos de huertos de arándano de pequeños productores de la zona sur de Chile. Esta información se encuentra disponible en la publicación González, A. (2017), la cual muestra resultados del diagnóstico de los predios (Capítulo 2, cuadro 10), mientras el efecto del clima sobre la productividad a causa de lluvias en floración es presentado en el Capítulo 4. El estudio consiste en un “Cropcheck”, siendo este un sistema de extensión de mediano plazo que se ocupa de transferir las mejores prácticas de manejo de cultivos. Para ello involucra la activa participación del productor y entrega una pauta, esquema o metodología de trabajo, con las que, a través de un seguimiento o monitoreo, logra evaluar objetivamente los resultados productivos de predios específicos. Estos resultados al ser comparados y analizados dentro de un grupo de pares en un proceso de benchmarking, entregan mejoramientos continuos que benefician al productor y a la industria (Fundación Chile, 2010).



Adicionalmente, el equipo de investigadores de este proyecto propone trabajar en la sistematización y levantamiento de información de esta índole durante el segundo año de ejecución del proyecto, mediante la realización de encuestas y ensayos en los huertos de los productores que participan en esta iniciativa.

VI. Proyecciones de Trabajo

Se propone evaluar la posibilidad de elaborar, en el corto plazo, un Modelo de Adaptación al Cambio Climático de Especies Frutales para la Región de La Araucanía (Chile), en el cual se pueda analizar el cambio de aptitud productiva por impacto del cambio climático a 10 años plazo, investigación que se podría financiar a través de un fondo complementario a este proyecto, tomando como base el proyecto financiado CORFO INNOVA (Chile), titulado "Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío" (2016-2017). La ejecución de este proyecto permitió zonificar la aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas por los productores e inversionistas del Biobío, logrando identificar las zonas edafoclimáticas homogéneas, actuales y futuras, óptimas para la producción de las especies priorizadas e Identificar otras especies. Para mayores antecedentes revisar Leiva et al. (2017). En la Figura 3, se muestran los mapas de aptitud productiva obtenidos en el proyecto antes mencionado.

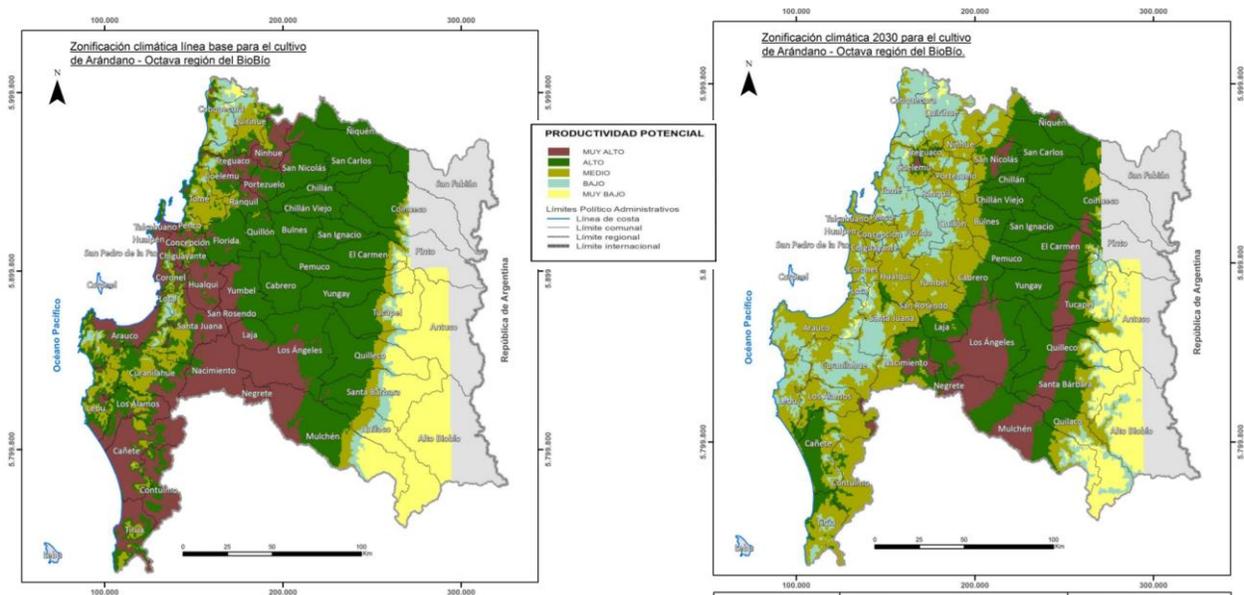
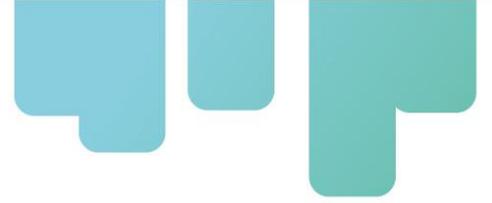
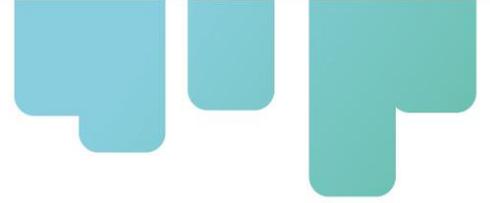


Figura 3. Mapas de aptitud productiva [línea base (2017) y a 2030] para arándano alto en la Región del Biobío (Chile). Disponible para estas y otras especies en Leiva et al. (2017).

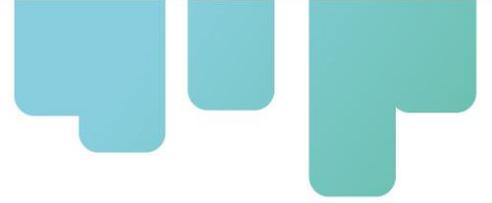


Referencias Bibliográficas

- Smit, B., I. Burton, R.J. Klein y J. Wandel. 2000. "An Anatomy of Adaptation to Climate Change and Variability", *Climatic Change*, vol. 45, núm. 1, pp. 223-251.
- Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir y L.L. White (eds.) 2014. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press / Cambridge, Reino Unido / Nueva York.
- Ordaz, J.L., J. Mora, A. Acosta, B. Serna Hidalgo y D. Ramírez. 2010. "Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura", Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Santiago de Chile.
- Departamento de Geofísica Universidad de Chile. 2016. Estudio de la variabilidad climática en Chile para el siglo XXI. http://dgf.uchile.cl/PRECIS/articles-39442_pdf_Estudio_texto.pdf
- Bouroncle C, Imbach P, Läderach P, Rodríguez B, Medellín C, Fung E, Martínez-Rodríguez MR, Donatti CI. 2015. La agricultura de Costa Rica y el cambio climático: ¿Dónde están las prioridades para la adaptación? Copenhague, Dinamarca: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- CAF. 2014. Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. Caracas: CAF. Disponible en el siguiente link: <http://scioteca.caf.com/handle/123456789/517>
- Bogantes, A., Mora, E., Umaña, G., Loría, C. 2011. Guía para el cultivo de la Papaya en Costa Rica. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10190.pdf>
- CoopeCerroAzul R. L. 2021. Comunicación con CoopeCerroAzul R. L.
- CoopeParritaTropical R.L. 2021. Comunicación con CoopeParritaTropical R.L.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2021. Mapa de Costa Rica - IMN. <https://www.imn.ac.cr/mapa>
- Instituto Nacional de Fomento Cooperativo (INFOCOOP). 2012. Acta constitutiva COOPEPARRITA TROPICAL, R.L.
- Magaña, V. 2012. Guía metodológica para la Evaluación de la Vulnerabilidad ante Cambio Climático. Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), México.
- IPCC. 2012. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. Por: Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (Eds.) Cambridge University Press, 582 pp.
- Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J., López, J. 2012. Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México. En: Cambio climático. Extremos e



- impactos: [Ponencias presentadas al VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología] / coord. por Concepción Rodríguez Puebla, Antonio Ceballos Barbancho, Nube González Reviriego, Enrique Morán Tejeda, M. Ascensión Hernández Encinas, 2012, ISBN 978-84-695-4331-3, págs. 881-890. Texto completo disponible en: INDICADORES DE VULNERABILIDAD Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA DE MÉXICO.
- Connor, R.F., Hiroki, K. 2005. Development of a method for assessing flood, vulnerability. *Water Science and Technology* 51, 61-67.
- Barr, R., Fankhauser, S. and Hamilton, K. 2010. Adaptation Investments: a resource allocation framework. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 15, 843-858.
- Downing, T.E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., Sokoma, Y., Stephen, L. 2001. *Vulnerability indices: climate change impacts and adaptations*. United Nations, New York, USA.
- Fowler, H.J., Kilsby, C.G., O'Connell, P.E. 2003. Modeling the Impacts of climatic change and variability on the reliability, resilience and vulnerability of a water resource system. *Water Resources Research* 39, 1222-1224.
- Luers, A.L., Lobell, D.B., Skar, L.S., Addams, C.L., Matson, P.A. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, México. *Global Environmental Change* 13, 255-267.
- Nicholls, R. 2002. Analysis of global impacts of sea-level rise: a case study of flooding. *Physics and Chemistry of the Earth* 27, 1455-1466.
- O'Brien, K.L., Leichenko, R.M., Kelkar, U., Venema, H.M., Aandahl, G., Tompkins, H., Javed, A., Bhadwal, S., Barg, S., Nygaard, L., West, J. 2004. Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India. *Global Environmental Change* 14, 303-313.
- PNUD. 2005. *Marco de políticas de adaptación al cambio climático*. PNUD - GEF, New York, USA.
- Brooks, N. 2003. *Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework*. Tyndall Centre for Climate Change Research and Centre for Social and Economic Research on the Global Environment (CSERGE), School of Environmental Sciences, University of East Anglia, Noruega.
- IPCC. 2001. *Climate change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Summary for Policymakers*, WMO.
- Ionescu, C., Klein, R., Hinkel, J., Kavi Kumar, K., Klein, R. 2009. Towards a Formal Framework of Vulnerability to Climate Change. *Environ Model Assess* (2009) 14:1–16. DOI 10.1007/s10666-008-9179-x
- Füssel, H. M., and Klein, R. J. T. (2006). Climate change vulnerability assessments: An evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75(3), 301–329.



- IISD, IUCN and SEI. 2003. *Livelihoods and climate change: Combining disaster risk reduction, natural resource management and climate change adaptation in a new approach to the reduction of vulnerability and poverty.* Winnipeg, Canada: International Institute for Sustainable Development.
- Sharma, J. and Ravindranath, N. 2019. Letter: Applying IPCC 2014 framework for hazard-specific vulnerability assessment under climate change. *Environ. Res. Commun.* 1: 051004. <https://doi.org/10.1088/2515-7620/ab24ed>
- IPCC. 2007. *Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ed ML Change et al (Cambridge) (Cambridge University Press) (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA)
- IPCC. 2014. *Summary for policymakers* In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* ed CB Field et al (Cambridge) (Cambridge University Press) (Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA) pp 1–32.
- González, A. 2017. *Adaptación de la Metodología Cropcheck para el cultivo de arándanos en el Sur de Chile* del Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA; Centro Regional Carillanca, Boletín INIA N° 346; ISSN: 0717-4829)
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. 1998. *Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements - FAO Irrigation and Drainage Paper 56.* 15 p.
- Fundación Chile. 2010. *Cropcheck Chile: sistema de extensión para el sector agroalimentario, Versión II.* Unidad Cropcheck Chile - Área Agroindustria, Santiago, Chile, 64 pp.
- Cita Bibliográfica en Norma APA, séptima edición: Leiva M., Carolina Schmidt G., Carla Gajardo E., Gonzalo Atlas del modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío. (Pub. CIREN S/N 2017) CIREN. <http://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/123456789/26457>



Instituciones principales



Instituciones Asociadas



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



www.fontagro.org

Correo electrónico: fontagro@fontagro.org