



## Hub SmartFruit ALC: Soluciones Inteligentes para Sistemas Familiares Frutícolas ALC, en el Escenario de Cambio Climático.

**Producto 18| Estudio de Prueba de la Plataforma OpenFruit, incluyendo Información referente a las Brechas Agronómicas y Tecnológicas de los Huertos.**

Abel González, INIA, Chile.

Patricio Acevedo, Manuel Castro, Camilo Carrasco, Alejandra Ribera, Ariel Muñoz; UFRO, Chile.

Carlos Henríquez, Luis Felipe Arauz, Bryan Alemán, Emanuel Céspedes; UCR, Costa Rica.

2022



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 Abel González Gelves, Investigador de Fruticultura de INIA Carillanca y contó con la colaboración de todo el equipo FONTAGRO de la Universidad de La Frontera, y equipo contratado por el proyecto, para la recopilación y sistematización de la información levantada en terreno. Además, el equipo de UCR, colaboró en la obtención de este producto, mediante el envío de información respecto a la construcción e identificación de criterios para los diferentes componentes del Índice de Vulnerabilidad al Cambio Climático.

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](mailto:fontagro@fontagro.org)



# Tabla de Contenidos

<b>1. Resumen .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Estudio de Prueba.....</b>	<b>9</b>
2.1 Metodología .....	9
2.1.1 Identificación de Predios de Estudio.....	9
2.1.2 Sesión de trabajo con representantes de cooperativas, Chile.....	9
2.1.3 Selección de Cuarteles de Estudio .....	12
2.1.4 Levantamiento de Información en Campo.....	13
2.1.5 Visitas de Diagnóstico y Monitoreo de Huertos.....	15
<b>3. Resultados.....</b>	<b>19</b>
3.1 Parámetros Agroclimáticos Temporada 2021-2022 .....	19
3.2 Composición química de suelo .....	22
3.3 Análisis Foliare.....	26
3.4 Visita de Inspección y Monitoreo en Campo.....	29
3.5 Manejo del Riego.....	31
3.6 Análisis de componentes principales entre índices espectrales y relación suelo, planta y clima en huertos de arándanos y frambuesa de agricultores familiares ALC de Chile. ....	36
<b>4. Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>47</b>
<b>5. Instituciones Principales .....</b>	<b>48</b>
<b>6. Instituciones Asociadas.....</b>	<b>48</b>



## Índice de Cuadros

<b>Cuadro 1.</b> Participantes en las reuniones individuales, por cooperativa, para la identificación de los predios de estudio.....	9
<b>Cuadro 2.</b> Cuarteles seleccionados de la COOPERATIVA NEWEN AL SUR. ....	13
<b>Cuadro 3.</b> Cuarteles seleccionados de la empresa de capacitación CAPACITEC. ....	13
<b>Cuadro 4.</b> Cuarteles seleccionados de la empresa de capacitación VERFRUT. ....	13
<b>Cuadro 5.</b> Ficha entregada a los productores al momento de realizar las visitas en terreno. ....	17
<b>Cuadro 6.</b> Monitoreo de enfermedades en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio.....	30
<b>Cuadro 7.</b> Monitoreo de plagas en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio .....	30
<b>Cuadro 8.</b> Monitoreo de Anegamiento en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio. ....	30
<b>Cuadro 9.</b> Correlación múltiple entre NDVI mensual y riego aplicado en los meses de octubre a marzo.....	46



## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Huertos seleccionados de productores de arándano alto, vinculados a la empresa de capacitación agrícola CAPACITEC LTDA. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía.....	10
<b>Figura 2.</b> Huertos seleccionados de productores frambuesa, vinculados a la cooperativa Verfrut. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía. ....	11
<b>Figura 3.</b> Huertos seleccionados de productores frambuesa, vinculados a la cooperativa Newen al Sur. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía. ....	12
<b>Figura 4.</b> Registro de precipitaciones periodo Octubre 2021-Abril 2022. ....	20
<b>Figura 5.</b> Resumen de Evapotranspiración de referencia de 5 Estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio. ....	20
<b>Figura 6.</b> Resumen de acumulación de grados días, de 5 Estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio. ....	21
<b>Figura 7.</b> Resumen de radiación solar incidente, registrada en 5 estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio. ....	22
<b>Figura 8.</b> pH de los suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	23
<b>Figura 9.</b> Fósforo Olsen de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	24
<b>Figura 10.</b> Bases de intercambio (Ca <sup>2+</sup> ; K <sup>+</sup> ; Mg <sup>+</sup> y Na <sup>+</sup> ) de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	24
<b>Figura 11.</b> Microelementos de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	25
<b>Figura 12.</b> Concentración de macroelementos en hojas provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	27
<b>Figura 13.</b> Concentración de microelementos en hojas, provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos. ....	28
<b>Figura 14.</b> Evaluación visual del vigor de los cuarteles, provenientes de los huertos de Frambuesa y Arándanos en estudio. ....	29
<b>Figura 15.</b> Comparación entre las necesidades de riego requeridas y el riego real aplicado por los productores de 12 huertos y 21 cuarteles de riego en estudio. Temporada 2021-22. ....	32
<b>Figura 16.</b> Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de octubre y noviembre. Temporada 2021-22. ....	33
<b>Figura 17.</b> Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de diciembre y enero. Temporada 2021-22. ....	34



<b>Figura 18.</b> Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de febrero y marzo. Temporada 2021-22. ....	35
<b>Figura 19.</b> Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22. ....	37
<b>Figura 20.</b> Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22 y variables agroclimáticas precipitaciones y Evapotranspiración de referencia.....	39
<b>Figura 21.</b> Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22 y variables de suelo correspondiente a 19 cuarteles en estudio. ....	41
<b>Figura 22.</b> Biplot de componentes principales entre los índices vegetacionales octubre y abril de la temporada 2021-22, variables de estado fitosanitario y vigor del cultivo, correspondiente a 19 cuarteles en estudio. (E): Enfermedad (P) Plaga (A) Anegamiento. ....	43
<b>Figura 23.</b> Biplot de componentes principales entre los índices vegetacionales medidos entre los octubre y abril de la temporada 2021-22, variables de riego aplicado al cultivo, correspondiente a 19 cuarteles en estudio. ....	45



## Resumen

El Proyecto financiado por Fontagro “Hub SmartFruit ALC: soluciones inteligentes para sistemas familiares frutícolas ALC, en el escenario de cambio climático”, Código: ATN/RF-17245-RG (RG-T3387), tiene dentro de hitos, realizar un estudio de prueba de la Plataforma *OpenFruit*, incluyendo información referente a las brechas agronómicas y tecnológicas de los huertos en estudio. Este hito se enmarca en la Actividad 2.4 del Proyecto “Implementación de OpenFruit con productores SFF seleccionados en Chile y Costa Rica”.

Para cumplir con el objetivo se realizó un estudio de prueba, con información de una muestra de 12 productores beneficiarios del programa de Chile. A partir de información obtenida de la plataforma OpenFruit, el equipo de trabajo evaluó los índices vegetacionales de todos los cuarteles de predios seleccionados. Se realizó una selección de aquellos cuarteles (unidades mínimas de producción al interior de un predio), que muestran valores extremos dentro de una misma unidad productiva. A partir de dicho análisis, se realizó una selección final de 19 cuarteles de interés para realizar estudios observacionales.

Posteriormente, en terreno, se procedió a realizar la analítica de cada cuartel, donde se obtuvo muestras de suelo, para la realización de análisis químico de suelo, y su vez muestras de hojas para realizar análisis foliares. Posteriormente se realizó una visita a cada predio, donde a partir de una encuesta (ficha), se obtuvo información primaria, acerca del manejo agronómico y estado fitosanitario de cada uno de los cuarteles.

Se realizó una matriz de información sistematizada, de los 19 cuarteles en estudio, con información de clima, suelo, planta, manejo agronómico, estado fitosanitario e índices vegetaciones, obteniendo un número de 138 variables, las cuales fueron evaluadas, a partir de estadística multivariada, con el objetivo de determinar, aquellas variables, de mayor poder de variabilidad y correlación, sobre los índices vegetacionales en estudio.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio de prueba se espera obtener información relevante que permita conocer las variables de importancia agronómica, que influyan sobre índices vegetacionales, con el objetivo de desarrollar estudios a nivel experimental, con fuentes de variación fija, que permitan la validación de la herramienta Openfruit, diseñada para agricultores familiares.

Los resultados obtenidos del estudio permiten concluir que las variables relacionadas a la acidificación de suelo, deficiencia de fósforo y suma de bases, representan una brecha que los agricultores aun no superan a pesar de la gran diversidad de estudios realizados en la región respecto a estos temas, cuya difusión y transferencia tecnológica es aún escasa.

Las presencias de condiciones de anegamiento son la causa primaria de un gran poder de variabilidad en los huertos, ocasionado, en efecto, enfermedades de suelo y tallo, que afectan los índices vegetacionales.



Finalmente, queda en evidencia la importancia de poner a disposición de los agricultores de una herramienta como **“Open Fruit”**, que permita desarrollar la programación de riego. En general la ausencia de este método muestra que un alto porcentaje (78%) riegan menos de lo requerido, durante la temporada, y el 22% de los agricultores del estudio sobre riegan sus predios. La mayor variación, correlación positiva y significativa, se produjo entre el riego aplicado en marzo y el aumento de NDVI.

Esto puede ser el resultado de la aceleración del proceso de receso invernal, luego de un prolongado déficit hídrico de las plantas.

En base a los resultados obtenidos, se propone desarrollar el monitoreo de índices vegetacionales, sobre huertos de arándano o frambuesa, que se encuentren bajo una condición de nutrición, riego y aspectos fitosanitarios, determinadas como una condición normal, con el fin de realizar el contraste con aquellos huertos que están fuera de esta condición, con el fin de establecer las brechas de índices vegetacionales en cada estado fenológico. Se propone usar un marco metodológico similar al desarrollado para determinar estándares nutricionales, en el cual se hace un seguimiento de concentración de nutrientes, de aquellos huertos que muestran un potencial de rendimiento alto y en general un buen estado fitosanitario, y no fueron sometidos a condiciones de estrés ambiental durante la temporada.

**Palabras Clave:** Sistemas Frutícolas Familiares, OpenFruit, Índices Vegetaciones, Análisis Observacionales, Brechas Productivas, Brechas Tecnológicas.



## Estudio de Prueba

### 1.1 Metodología

#### 1.1.1 Identificación de Predios de Estudio

Con el fin de identificar y seleccionar los cuarteles de estudio, se realizaron reuniones de coordinación entre el equipo de profesionales del proyecto con el fin de determinar a priori los criterios de identificación de huertos. Se acordó que los huertos elegidos, debían ser seleccionados en una proporción similar, entre huertos de arándanos y frambuesas. Además, cada huerto, debía tener un cuartel de riego y este debía coincidir con el cuartel de la variedad, para evitar confusiones de interpretación de la información y que las variaciones espectrales de la unidad de estudio obedecieran a variables de clima y manejo agronómico, y no diferencias varietales. Esta situación es bastante común, en Chile, y en general existen agricultores, que un cuartel de riego irriga a más de una variedad. Del mismo modo, el cuartel a elegir debía provenir de un agricultor, que tenga una buena disposición para el trabajo conjunto con el equipo técnico.

#### 1.1.2 Sesión de trabajo con representantes de cooperativas, Chile.

El objetivo de esta tarea fue realizar reuniones individuales, con cada uno de los técnicos y representante de productores de Sistemas Frutícolas Familiares, para socializar la estrategia de elección de los predios en estudio. Los participantes de las reuniones antes mencionadas, se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Participantes en las reuniones individuales, por cooperativa, para la identificación de los predios de estudio.**

Cooperativa/Institución	Representante
Capacitación Tecnológica Agrícola Limitada (CAPACITEC LTDA.)	Sr. Pablo Aedo Mora; Gerente Técnico de la Empresa.
Cooperativa Agrícola NEWEN AL SUR de La Araucanía	Sra. Ivette Gutiérrez; Extensionista de la Cooperativa.
Cooperativa ITINENTO FRUT	Sra. Helvia Chepo; Extensionista de la Cooperativa.
Cooperativa VERFRUT	Sra. Verónica Levinao; Extensionista de la Cooperativa

Cada profesional se le encomendó elegir al productor en función de los criterios previamente determinados, y para posteriormente los profesionales puedan seleccionar los huertos que cumplan con la condición requerida, y luego socializar la propuesta con cada uno de los agricultores para iniciar el trabajo conjunto con los agricultores.



A continuación, se presentan la ubicación y delimitación de los huertos seleccionados:

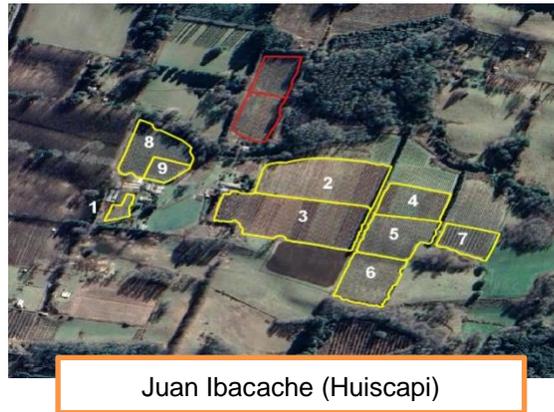


Figura 1. Huertos seleccionados de productores de arándano alto, vinculados a la empresa de capacitación agrícola CAPACITEC LTDA. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía.

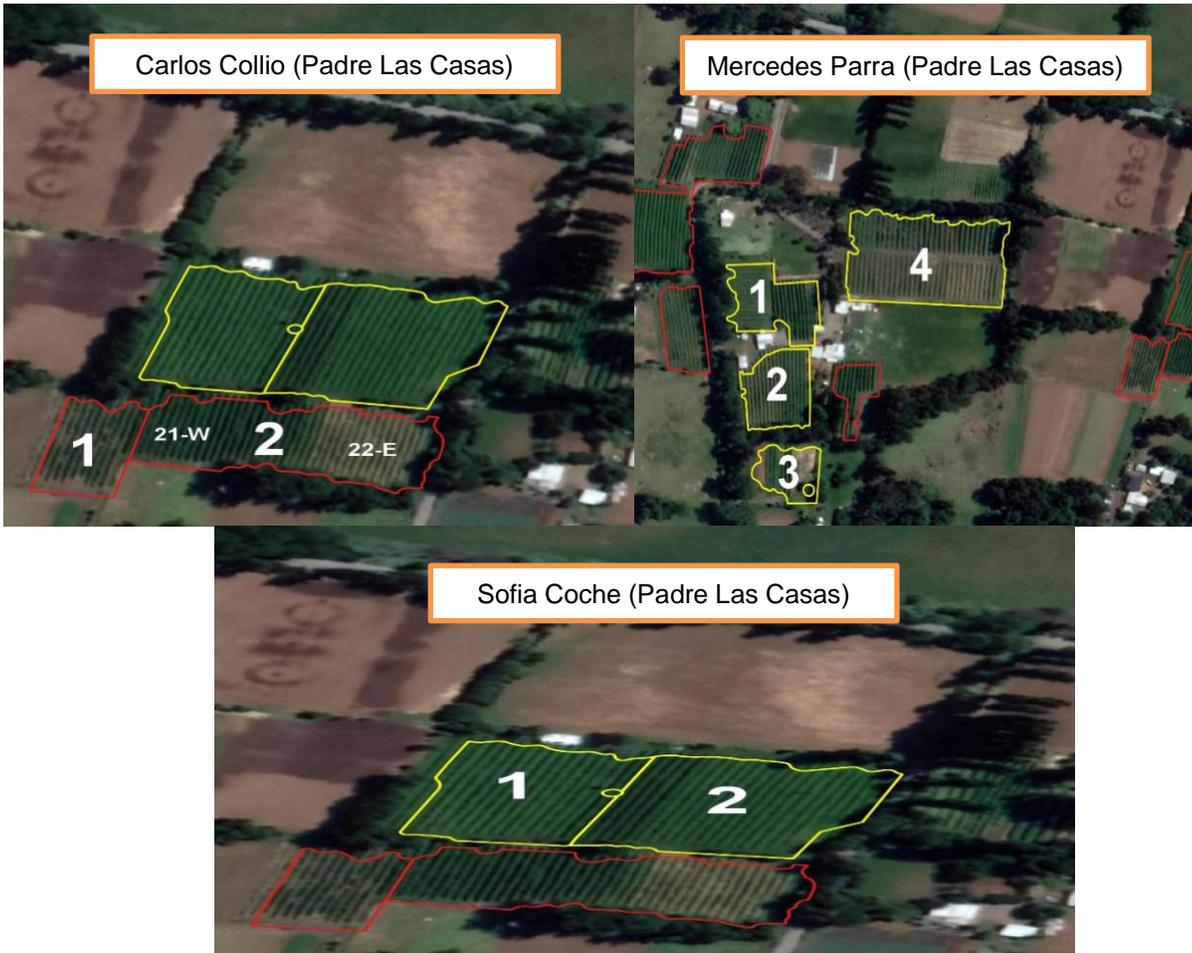
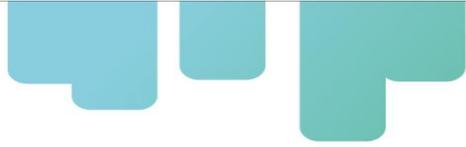


Figura 2. Huertos seleccionados de productores frambuesa, vinculados a la cooperativa Verfrut. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía.



Figura 3. Huertos seleccionados de productores frambuesa, vinculados a la cooperativa Newen al Sur. En cada imagen se indica en nombre del productor y la localidad del huerto, todos pertenecientes a la Región de La Araucanía.

### 1.1.3 Selección de Cuarteles de Estudio

Fueron seleccionados 12 huertos de estudio, por parte de los profesionales que prestan apoyo y asesoría a las cooperativas. Posteriormente, el equipo técnico del proyecto procedió a través de la plataforma OpenFruit, a obtener la información espectral y obtener índices vegetacionales de cada



uno de cuarteles de los 12 huertos seleccionados.

Una vez identificados, y delimitados los cuarteles por parte del equipo técnico, se procedió a realizar un análisis de longitudinal de la evolución de los índices (NDVI; NDRE) a través de la temporada 2020-2021, y fueron seleccionados aquellos cuarteles, que muestran una mayor variabilidad espectral en uno o más periodos fenológicos del cultivo a lo largo de la temporada de producción. Finalmente, fueron seleccionados 21 cuarteles de los 12 predios para estudio. A continuación, se muestran los predios seleccionados, indicado el nombre de agricultor(a), código asignado a los cuarteles y la especie en estudio (Cuadros 2, 3 y 4).

**Cuadro 2. Cuarteles seleccionados de la COOPERATIVA NEWEN AL SUR.**

	<b>Productor(a)</b>	<b>CUARTEL</b>	<b>Especie</b>
1	Magdalena Rupayan Painemal	C1	Frambuesa
2	Marcela Zúñiga Salamanca	C1	Frambuesa
3	María del Carmen Cañolaf Linares	C1	Frambuesa
4	María Flores Sanhueza	C1	Frambuesa
5	Ricardo Salazar Arias	C1	Frambuesa

**Cuadro 3. Cuarteles seleccionados de la empresa de capacitación CAPACITEC.**

	<b>Productor (a)</b>	<b>CUARTEL</b>	<b>Especie</b>
1	Juan Ibacache Lagos	C2, C6, C8, C9	Arándano Alto
2	Janet Inostroza Silva	C1, C4	Arándano Alto
3	Cristian Mieville Bernal	C1, C2, C5	Arándano Alto
4	José Manuel Novoa Rodríguez	C2, C3	Arándano Alto

Nota: Los cuarteles 8 y 9 de Juan Ibacache son considerados una única unidad, debido a que tienen la misma especie, variedad y año de plantación.

**Cuadro 4. Cuarteles seleccionados de la empresa de capacitación VERFRUT.**

	<b>Productor(a)</b>	<b>CUARTEL</b>	<b>Especie</b>
1	Sofía Coche	C1	Frambuesa
2	Mercedes Parra	C1, C21-W, C22-E	Frambuesa
3	Carlos Collío	C4	Frambuesa

#### **1.1.4 Levantamiento de Información en Campo**

El criterio de selección de los cuarteles en estudio fue a partir de la mayor variación temporal de los índices de vegetacionales, respecto a una condición normal, en el mismo predio, u otro aledaño, a lo largo de la temporada 2021-22. En general los índices de vegetación dan cuenta de la condición general del cultivo. Estos índices correlacionan con la actividad fotosintética, el vigor de las plantas y en efecto el potencial productivo del cultivo. Por tanto, el objetivo de este estudio observacional



fue evaluar, cuáles son las variables asociadas al proceso fotosintético (suelo, clima y planta) y que más variación ejercen sobre los índices vegetacionales, y que, en definitiva, permiten ponderar las brechas tecnológicas de los agricultores, para mejorar su potencial productivo en el corto y mediano plazo.

Se procedió a realizar un levantamiento de información base de cada uno de los cuarteles en estudio. Se obtuvo información con variables importantes de clima, suelo y planta. Del mismo modo realizó una visita de inspección y monitoreo de la condición general cada uno de los cuarteles.

**Clima.** Los cuarteles seleccionados estaban cercanos a las estaciones meteorológicas de la red INIA ([www.agrometeorologia.cl](http://www.agrometeorologia.cl)), (1) Huiscapi, (2) Cuarta Faja (3) Radal y (4) C. Lollinco y (5) Carillanca. Se obtuvo información agrometeorológica entre los meses de septiembre a abril de la temporada 2021-2022. Las variables de clima que seleccionadas fueron: acumulación de grados días, precipitaciones, evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>)mm y radiación solar (MJ m<sup>-2</sup>).

**Suelo.** Se realizaron visitas a terreno con el fin de obtener muestras sobre el perfil de suelo de 0-30 cm. Lo anterior para determinar la composición química de suelo de cada uno de los 12 predios y de los 21 cuarteles en estudio.

**Planta.** Al mismo tiempo, fueron tomadas muestras de foliares, de tercio medio de la planta, sobre brotes del año, para determinar el contenido de nutrientes en hojas y evaluación de la concentración de nutrientes acumulados en los tejidos de las hojas (registro fotográfico).





**Imagen 1. Toma de muestra para análisis químico de suelo en huerto arándano alto.**

### **1.1.5 Visitas de Diagnóstico y Monitoreo de Huertos**

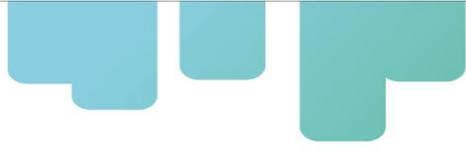
Con el objetivo de realizar una inspección del estado actual de los predios, en cuanto a vigor, estado sanitario y manejo agronómico, se programaron visitas a terreno para la observación y monitoreo de cada uno de los cuarteles en estudio. Para sistematizar la información se elaboró una ficha técnica que resumen información general del huerto.

A continuación (Imagen 2), se presenta un resumen fotográfico de las visitas realizadas en terreno.



**Imagen 2. Registro fotográfico de las visitas a los huertos seleccionados.**

En las próximas páginas se muestra la ficha que tuvieron que completar los productores al momento de ser visitados por el equipo de trabajo del proyecto.





Cuadro 5. Ficha entregada a los productores al momento de realizar las visitas en terreno.

**FICHA DE PRODUCTORES**  
**Proyecto Fontagro AgTech 19056**

**Información General**

Nombre productor:		Fecha:	
-------------------	--	--------	--

Comuna		Cooperativa:	
Especie			

Variedad	Cuartel	Superficie (ha)	Año Establecimiento	Producción (kg)							
				2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015

**Marco de Plantación**

Variedad	Cuartel	Distancia Entre Hilera (m)	Distancia Sobre Hilera (m)	Profundidad de raíces (cm)



### Vigor del Huerto

Variedad	Cuartel	Normal	Alto	Bajo	Medio

### Configuración del Riego

Variedad	Cuartel	Caudal goteros (L/H)	Nº Líneas de Riego	Distancia Entre goteros (m)	Ancho de Mojamiento (m)

### Programación de Riego

Variedad	Cuartel	Ítem	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
		Nº Riegos Semana								
		Tiempo de Riego								
		Nº Riegos Semana								
		Tiempo de Riego								
		Nº Riegos Semana								
		Tiempo de Riego								
		Nº Riegos Semana								
		Tiempo de Riego								

### Observaciones:

--

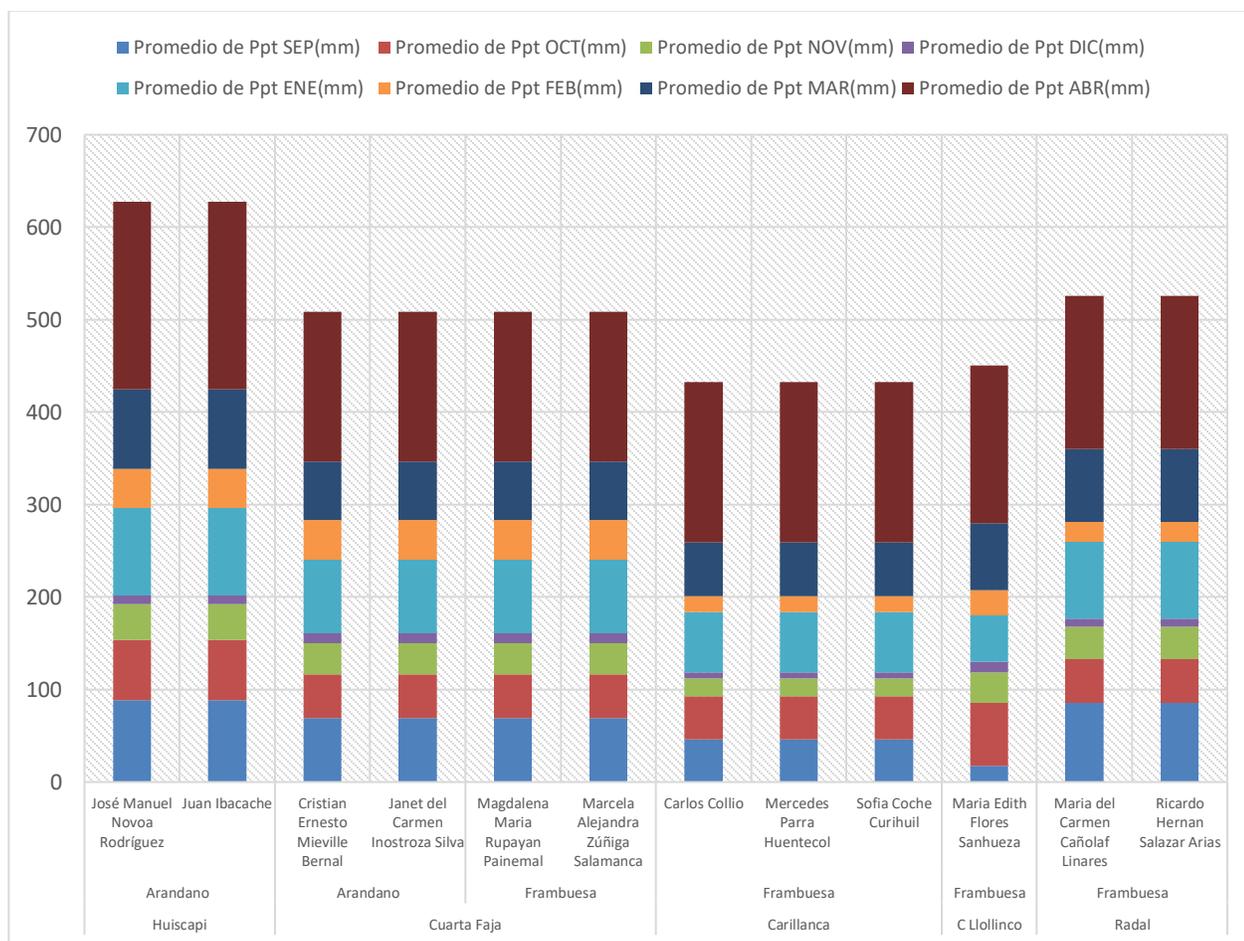


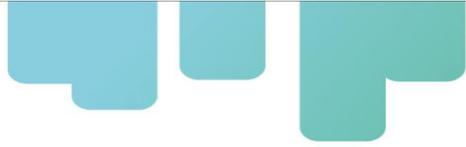
## 2. Resultados

Los huertos aledaños a las estaciones meteorológicas Carillanca (Vilcún), Radal (Cunco), Cuarta Faja (Gorbea) y Huiscapi (Loncoche), se ubican al interior del distrito agroclimático Loncoche. Los huertos asociados a la EMA C. LLollinco (Barros Arana), se ubican en el distritito agroclimático Temuco.

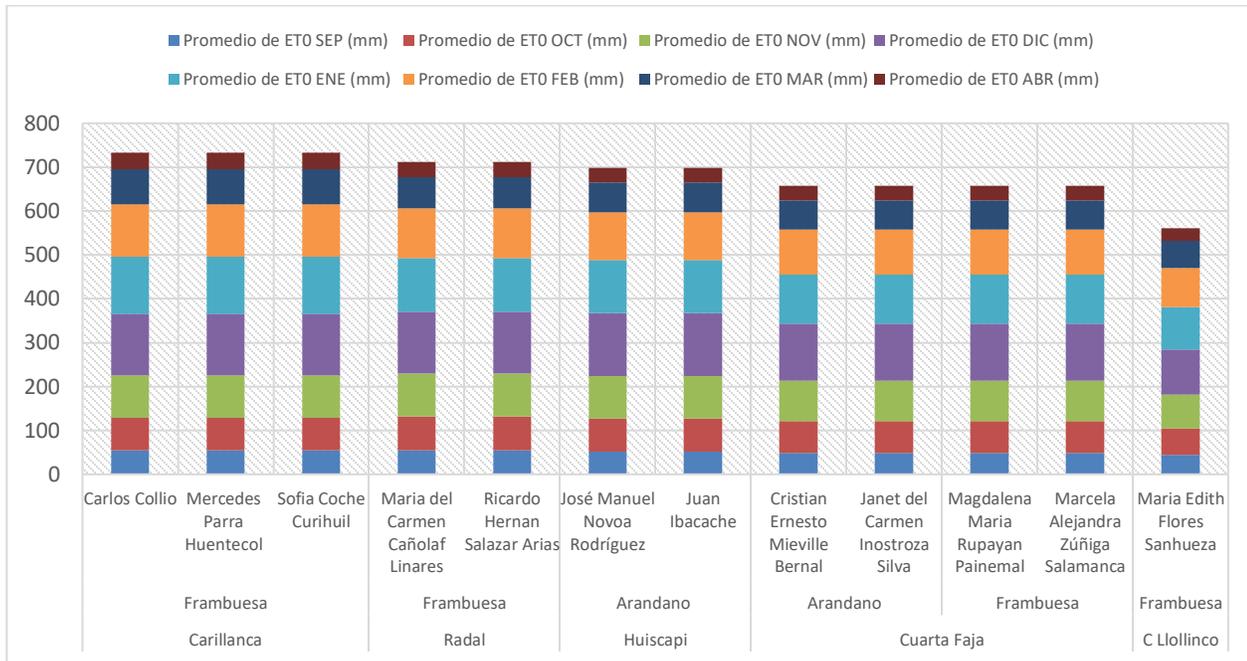
De esta manera es posible observar que los resultados de la temporada 2021-22, de los periodos octubre a marzo, las mayores diferencias climáticas en el distrito Loncoche, se observaron en cuanto a precipitaciones, particularmente en la zona de Huiscapi, localidad que en dicho periodo tuvo una acumulación de precipitaciones de alrededor de 600 mm; la cual fue unos 100 mm más alta, respecto a las demás estaciones ubicadas en el distrito. Por su parte, las unidades de estudio ubicadas en el distrito Temuco, muestran una menor caída pluviométrica. Se observa que aquellos huertos ubicados más cercanos a la costa (D. Temuco), muestran valores más bajos de evapotranspiración de referencia y radiación.

### 2.1 Parámetros Agroclimáticos Temporada 2021-2022

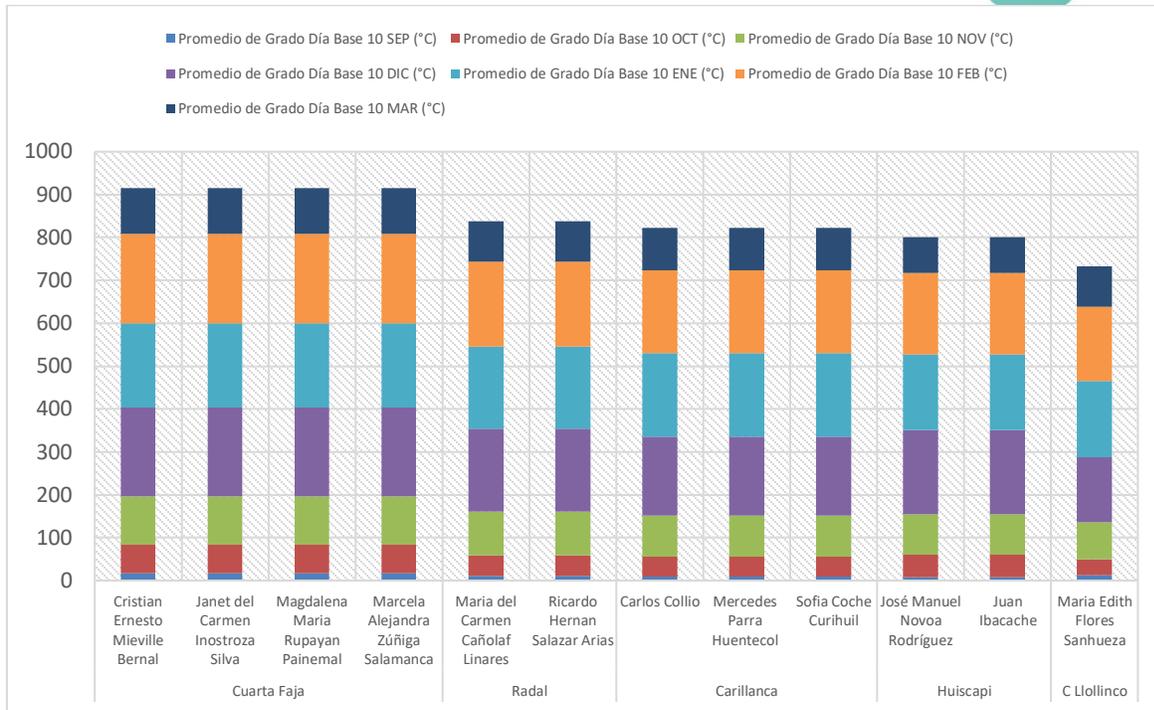




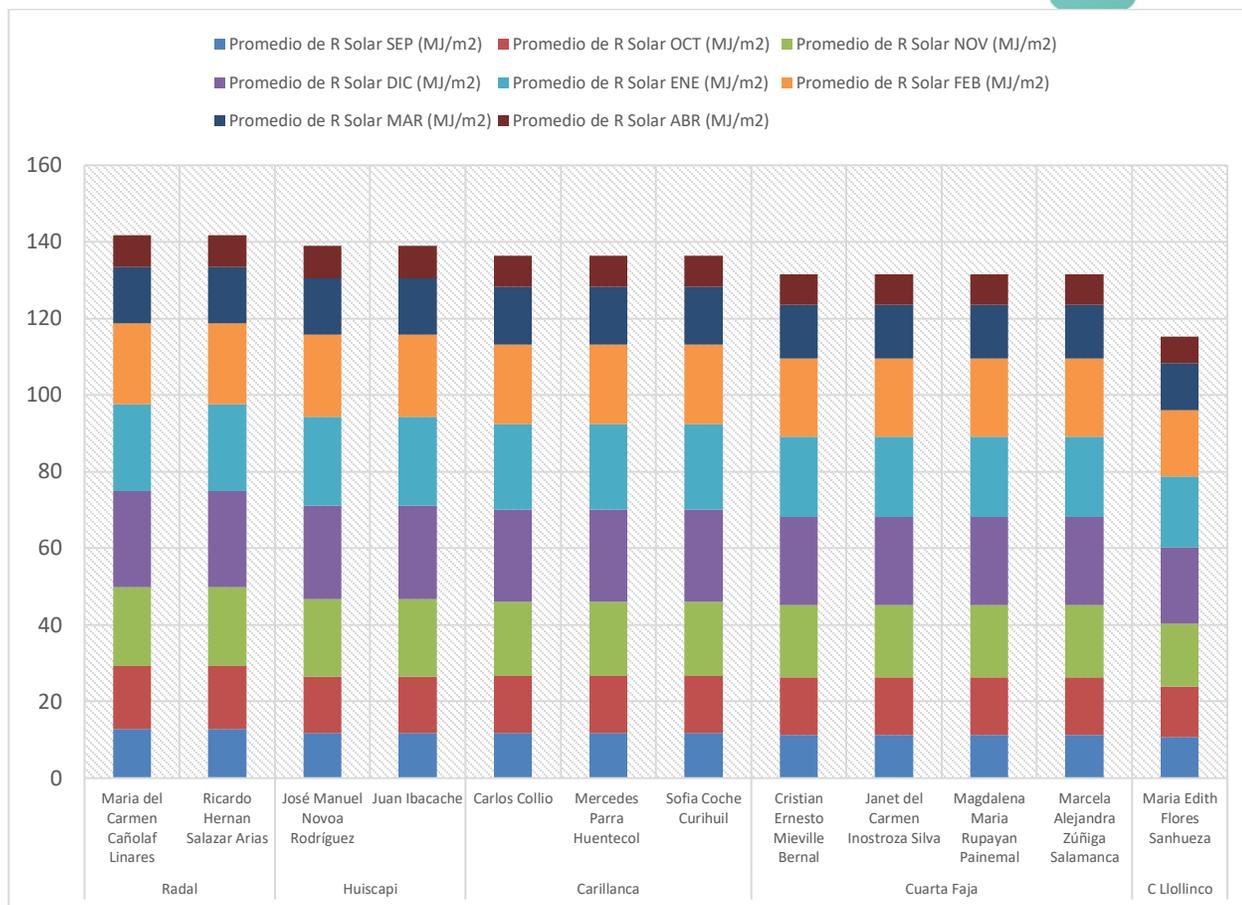
**Figura 4. Registro de precipitaciones periodo Octubre 2021-Abril 2022.**



**Figura 5. Resumen de Evapotranspiración de referencia de 5 Estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio.**



**Figura 6. Resumen de acumulación de grados días, de 5 Estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio.**



**Figura 7. Resumen de radiación solar incidente, registrada en 5 estaciones meteorológicas asociadas, a huertos y cuarteles en estudio.**

## 2.2 Composición química de suelo

A continuación, se presentan resultados de los resultados de análisis de suelo de 21 cuarteles en estudio provenientes de 12 huertos. Se muestra un resumen de acidez y fósforo parámetros relacionados, producto del origen de los suelos de la Araucanía. Se presentan figuras que dan cuenta de la suma de bases de intercambio, y algunos micronutrientes de interés para el cultivo de arándanos y frambuesas, para su análisis.

Los resultados del análisis químico de suelo dan cuenta de las características típicas de los suelos Trumaos de la región de La Araucanía. Se observa baja adopción tecnológica por parte de los agricultores en cuanto a la corrección de problemas de acidez de los suelos. Los resultados de pH de los suelos muestran valores de pH ácidos, menores a 6, y en consecuencia niveles de fósforo bajísimos, siendo el valor más alto observado de 6 ppm, cuando el valor crítico, de fósforo en el suelo, es de 12 ppm. Del mismo modo se observa valores de bases de intercambio, muy bajos, menores a 6 Meq/Kg, lo cual da cuenta de las condiciones de acidez y baja fertilidad de los suelos. Valores de 12 meq/Kg de sumatoria de bases, indican una buena condición de suelo, para la producción de berries. Se observa que se han esfuerzo por desarrollar un programa de enclado,



abusando probablemente del uso de Carbonatos de Calcio, los cuales han generado un claro desbalance entre la relaciones, Calcio y Magnesio, Calcio y Potasio. Así, los suelos se observan niveles bajos de magnesio y potasio, en relación con el Calcio.

Al observar la variación de los valores microelementos en los 21 cuarteles de estudio, es posible señalar que los valores de Mn, por ejemplo, se encuentran deficientes, siendo valores adecuados en el suelo de 4 a 10 ppm, y en promedio estos no superan los 0.5 ppm. Los niveles de cobre en el suelo se sugieren como normales, de 0.4 ppm a 1 ppm, estos en los suelos no superan los 0.2 ppm. Del mismo modo, el Boro, es un nutriente que se encuentra deficiente en los suelos de los cuarteles en estudio, observándose niveles inferiores a 0.2 ppm, siendo valores normales de 0.5 ppm a 1 ppm. El Zinc, muestra valore de deficiencia en los suelos, con rangos de 0.1 ppm, siendo 25 a 30 ppm los valores adecuados.

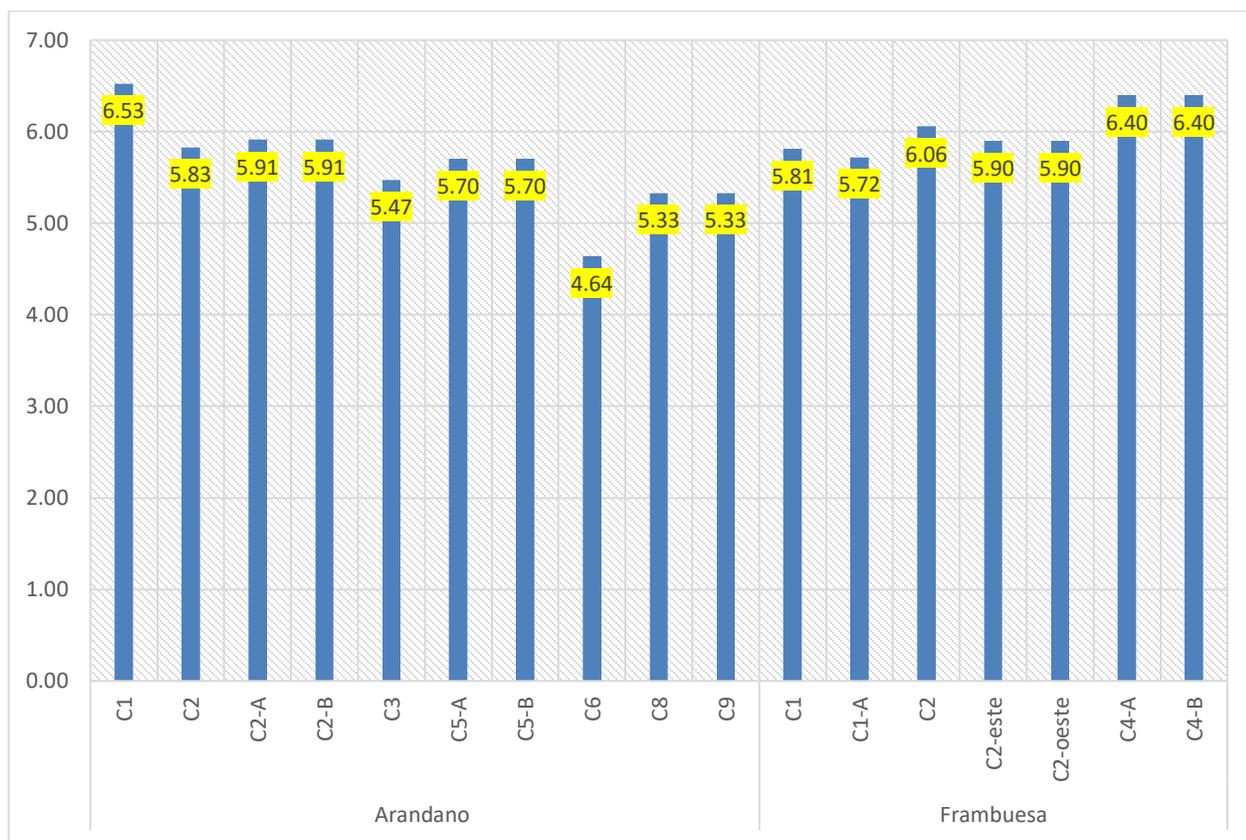


Figura 8. pH de los suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.

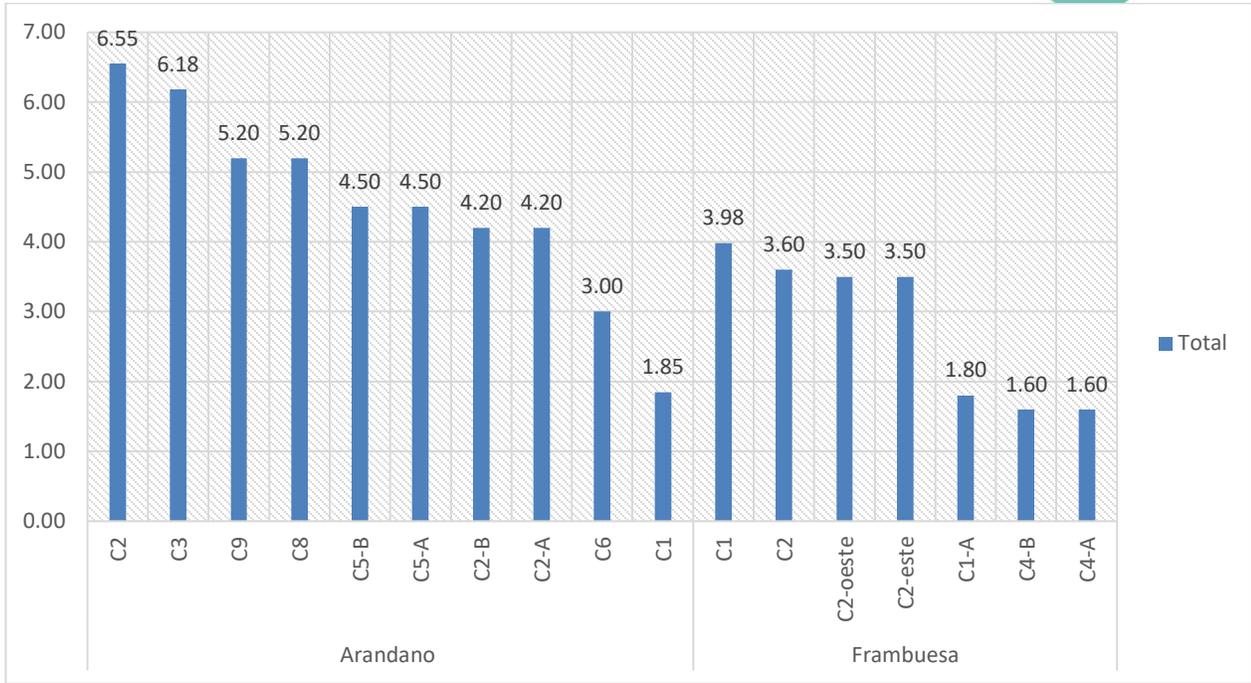


Figura 9. Fósforo Olsen de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.

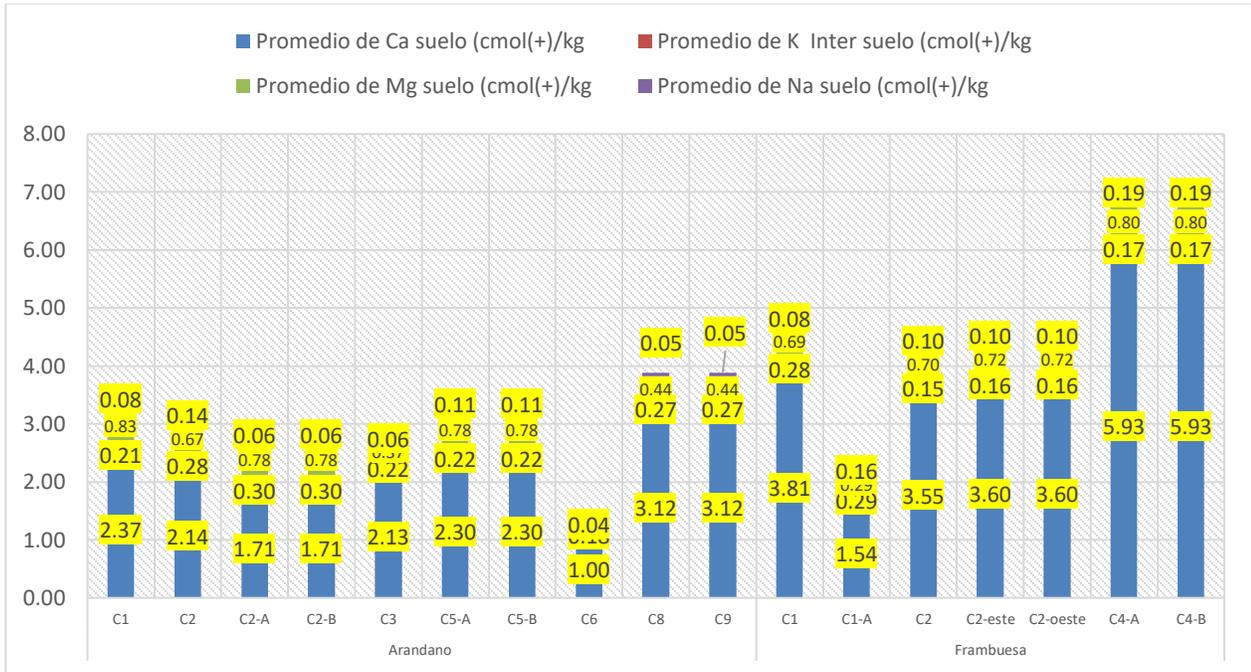


Figura 10. Bases de intercambio (Ca<sup>2+</sup>; K<sup>+</sup>; Mg<sup>+</sup> y Na<sup>+</sup>) de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.

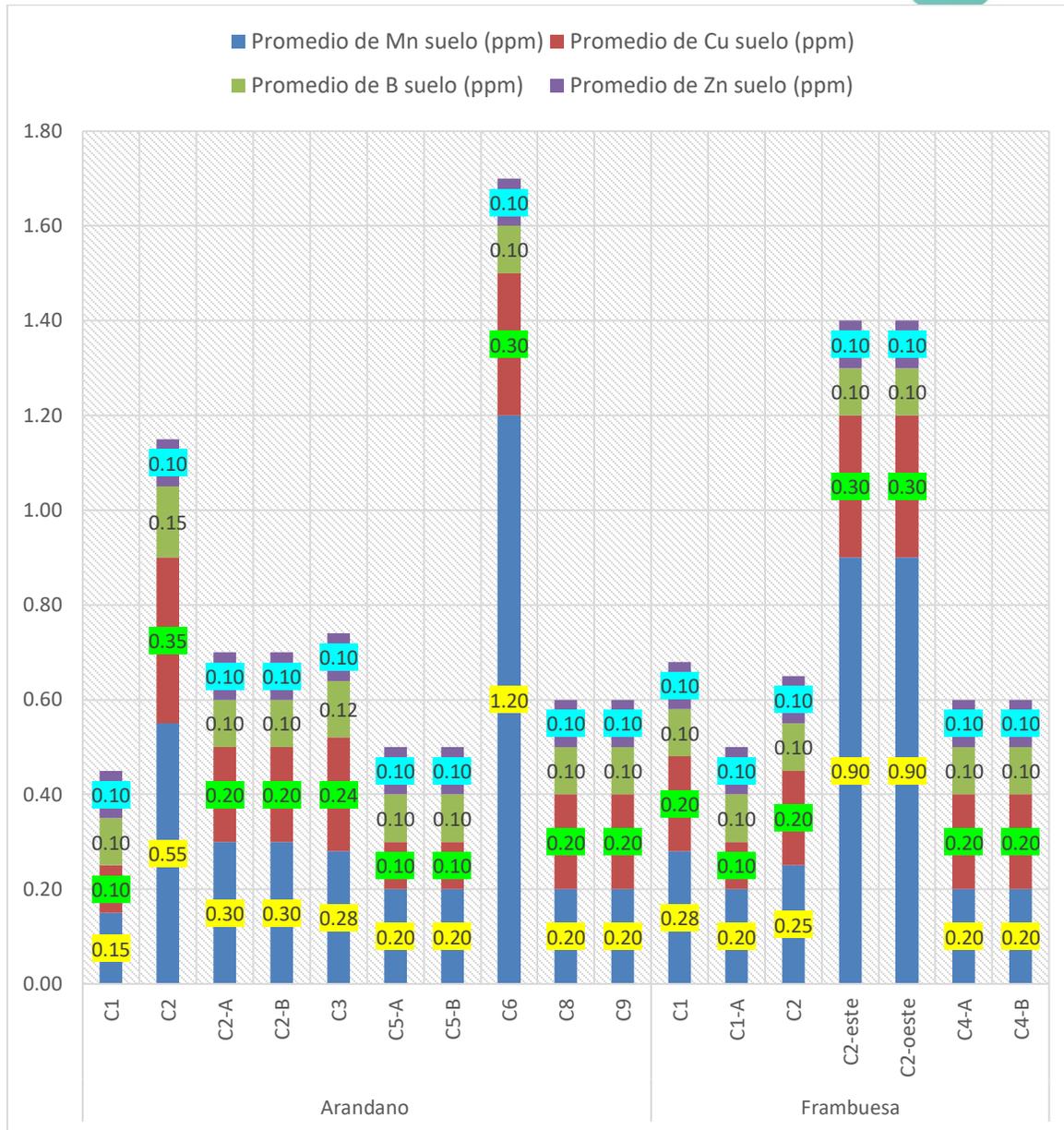


Figura 11. Microelementos de suelos provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.



### 2.3 Análisis Foliares

Al analizar los resultados de los análisis foliares, es posible ver que los desbalances en el suelo repercuten en los nutrientes de las plantas. En la Figura 12, se puede señalar que la variación de nitrógeno entre los cuarteles, tiene una tendencia a valores fuera del rango normal (1.7ppm-2.1 ppm). Se observa con alta frecuencia niveles de nitrógeno mayores a 2 ppm, lo que indica niveles muy altos de nutrientes. Por el contrario se observan valores muy bajos de fósforo, cuya variación está entre 0.07 y 0.15 ppm; siendo los valores normales de 0.15% a 0.4%. En cuanto a la concentración de bases de intercambio, es posible observar, valores de Calcio, con una alta frecuencia con valores altos, que superan 0.8 % que responde al rango superior de normal en tejidos. El Potasio y Magnesio se ubican con valores de deficiencia, y más bajos del 0.5% de peso seco, en tejido recomendado como una situación normal.

En cuanto a los microelementos es posible observar variaciones con mayor frecuencia en los niveles altos (> 200 ppm), lo anterior, como una consecuencia de la acidez propia de los suelos. Se observan niveles normales de boro, a pesar de la baja concentración de este nutriente en el suelo, y niveles bajos de Zinc, particularmente en arándanos.

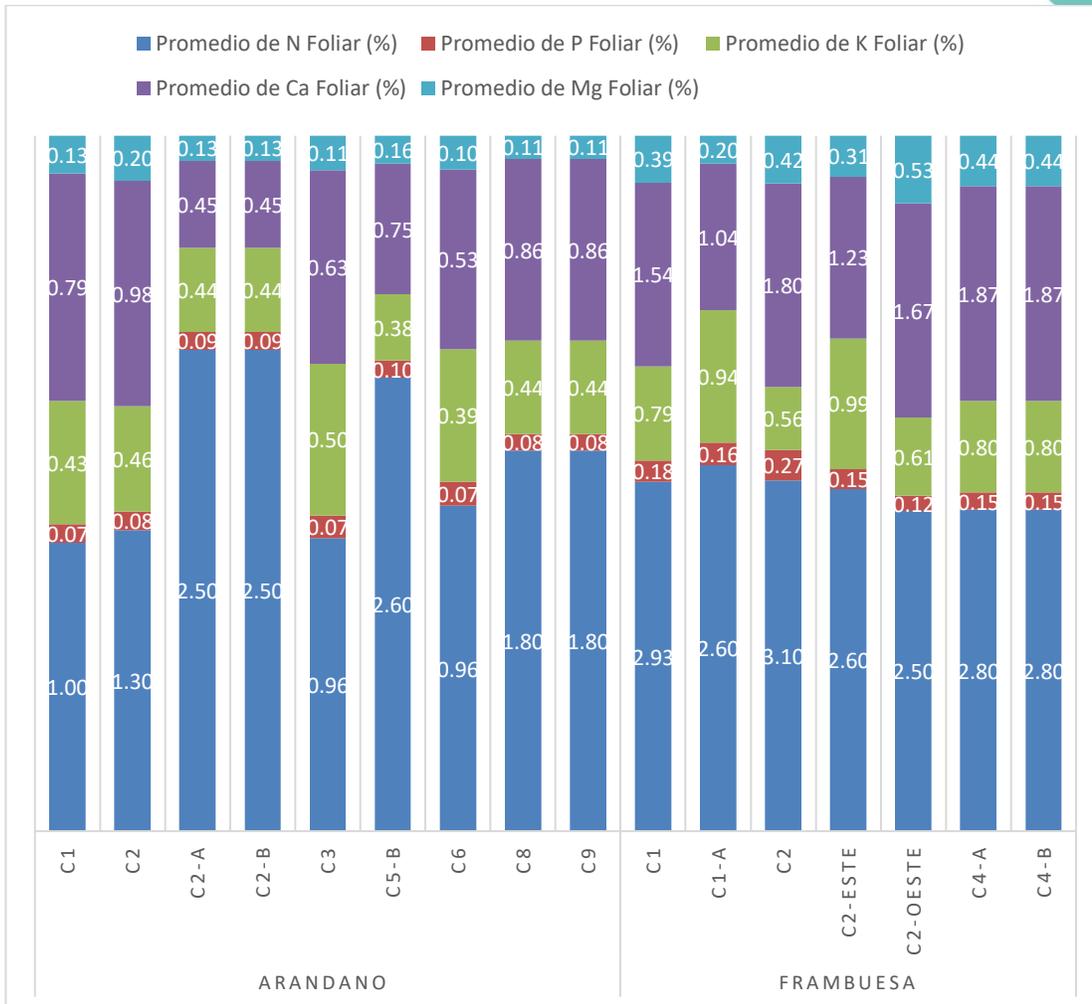


Figura 12. Concentración de macroelementos en hojas provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.

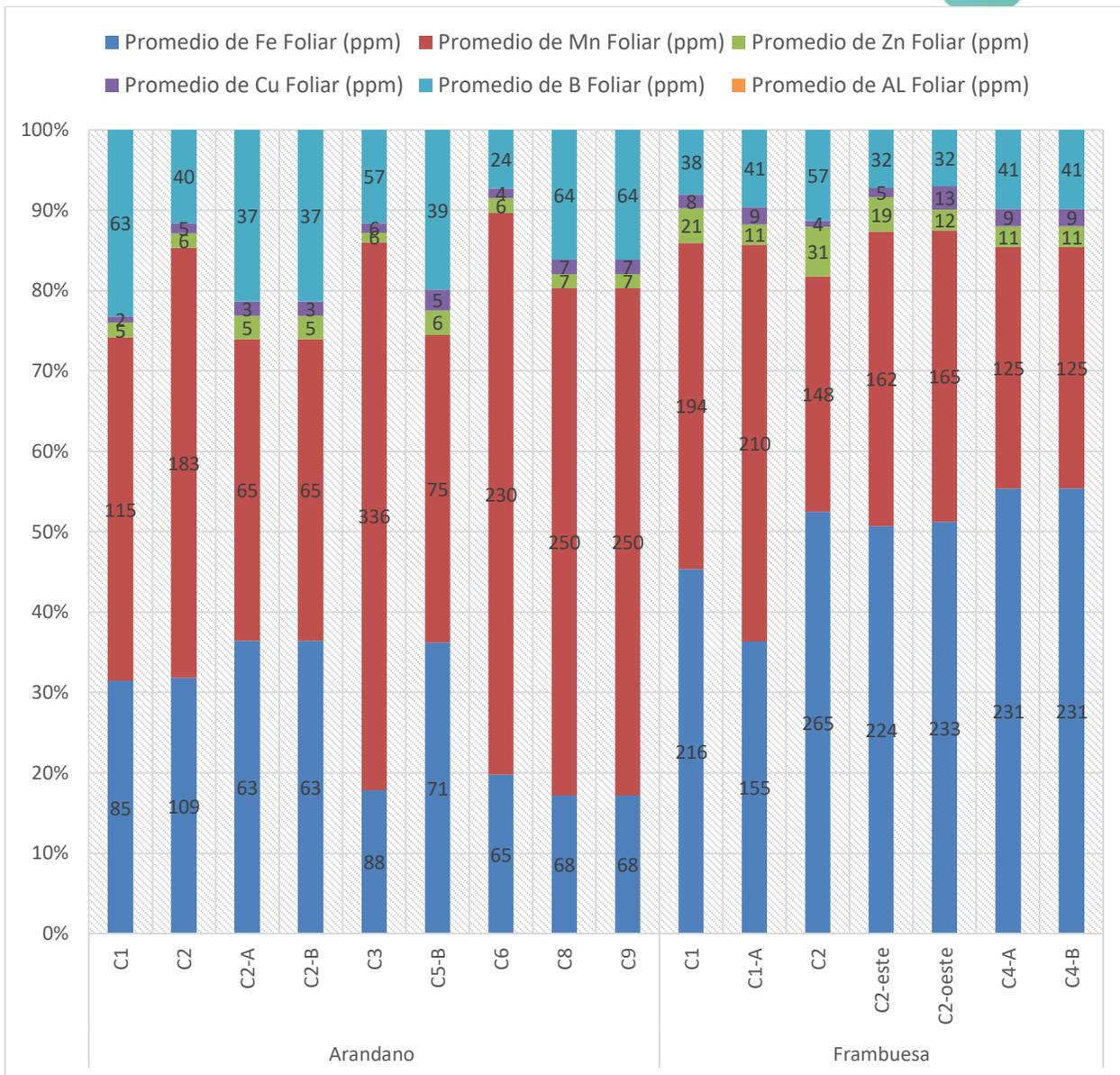


Figura 13. Concentración de microelementos en hojas, provenientes de cuarteles de estudio, para huertos de frambuesa y arándanos.



## 2.4 Visita de Inspección y Monitoreo en Campo

En base a las visitas realizadas y la observación visual de los huertos, fue posible percibir que la situación de actual de los huertos en estudio difiere con la especie. Así, se observa que en arándanos el vigor de las plantas tiene en general una mejor condición, que en frambuesa. A pesar de ello, un 50% de los huertos se encuentra en la categoría, bajo y medio vigor. En frambuesas, la condición es distinta, se observa que en un 85% de los huertos muestran un vigor bajo. Probablemente, esta condición está relacionada con los niveles de demanda de nutrientes de este cultivo, lo cuales son más altos que en arándanos. Así, de los 6 cuarteles de frambuesa visitados, solo uno de ellos, tenía un vigor adecuado. En cuanto a plagas y enfermedades, los 6 cuarteles de frambuesa, el 100% de estos presentan problemas de enfermedades y plagas, aunque con distintos niveles de incidencia y severidad. El 50% de los huertos de frambuesa, están bajo condiciones de suelos, anegados, donde los agricultores, no realizaron labores de drenaje y correcta preparación de suelo. Esta condición es predisponente de enfermedades de suelo, como fueron reportadas.

Entre las enfermedades ocasionadas por hongos habitantes de suelo (*Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Verticilium* y *Fitóftora*), este último hongo es el más común en frambuesas. En general, el síntoma es muerte de yemas desde el ápice hasta la base. Lo anterior se debe a que la planta a inicio de brotación hace uso de reservas y se desarrollan las hojas, pero posteriormente el hongo ha dejado las raíces muertas en el suelo, por lo que se secan anticipadamente las yemas y las hojas por manchones. Entre otras enfermedades, mencionadas por los agricultores, fueron también las denominadas tizón de la caña, roya y tizón de los brotes.

En arándanos se observa una alta frecuencia de ataques de plagas, particularmente la especie de curculiónido, *Aeghorhinnus*, comúnmente denominada burrito, y que presenta valores altos de incidencia (25%) y alta severidad en el ataque, principalmente de larvas de suelo.

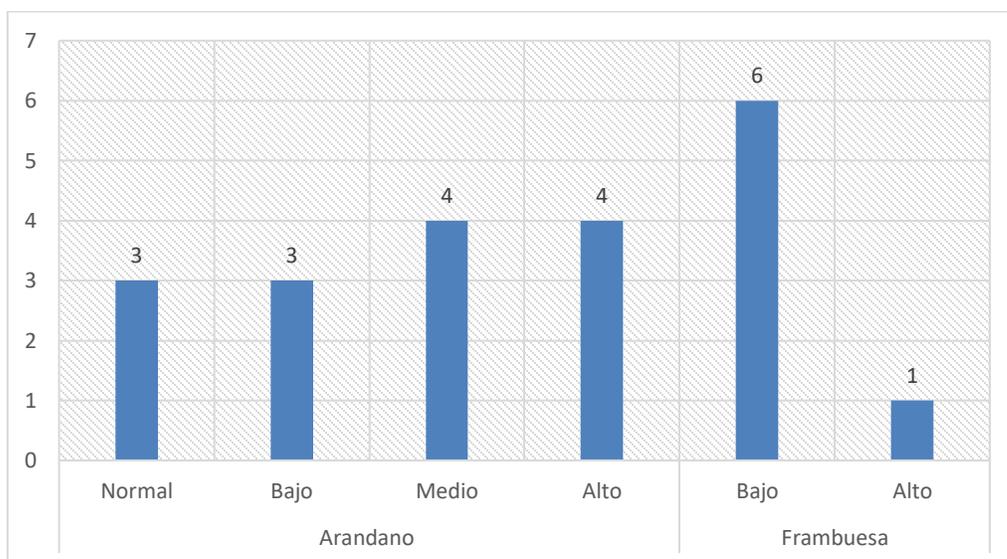


Figura 14. Evaluación visual del vigor de los cuarteles, provenientes de los huertos de Frambuesa y Arándanos en estudio.



Cuadro 6. Monitoreo de enfermedades en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio.

Especie	Registra Enfermedad	Incidencia (%)	Severidad (1-5)
<b>Arándano</b>	<b>13</b>	<b>1%</b>	
No	12	0%	0
Si	1	15%	2
<b>Frambuesa</b>	<b>6</b>	<b>38%</b>	<b>3,5</b>
Si	6	38%	3,5
<b>Total general</b>	<b>19</b>	<b>13%</b>	

Cuadro 7. Monitoreo de plagas en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio

Especie	Registra Plaga	Incidencia (%)	Severidad (1-5)
<b>Arándano</b>	<b>13</b>		
No	9	0	0
Si	4	18%	1,8
<b>Frambuesa</b>	<b>6</b>		
Si	6	50%	2
<b>Total general</b>	<b>19</b>		

Cuadro 8. Monitoreo de Anegamiento en 19 cuarteles visitados en huertos en estudio.

Especie	Muestra Anegamiento	Incidencia (%)	Severidad (1-5)
<b>Arandano</b>	<b>13</b>		
No	11	0	0
Si	2	50%	4
<b>Frambuesa</b>	<b>6</b>		
No	3	0	0
Si	3	45%	4
<b>Total general</b>	<b>19</b>		



## 2.5 Manejo del Riego

Diecinueve fueron los cuarteles, con información levantada en campo para medir el riego requerido. El resultado se obtuvo a partir de análisis físico de suelo previamente realizado por el equipo técnico, por lo que fue posible determinar la curva de humedad, y obtener el agua fácilmente aprovechable en el perfil de suelo que cubre el mayor porcentaje de raíces en cada cuartel.

A partir de un umbral de riego, determinados para frambuesa (35%) y arándanos (30%), y el índice de precipitación del gotero del sistema de riego de cada agricultor, se determinó el tiempo fijo de riego. La frecuencia teórica de riego se determinó en función de evapotranspiración de referencia mensual promedio de la temporada, obtenida a partir del mes de agosto a abril de la temporada 2021-2022. Para determinar la demanda hídrica del cultivo, se obtuvo el coeficiente de cultivo, el cual fue determinado en base al NDVI observado en el cuartel de cada agricultor obtenido entre los meses de noviembre a abril de la temporada.

El cálculo de riego aplicado por el agricultor, fue obtenido en base al tiempo y frecuencia de riego real aplicado por el productor durante la temporada. Además, se levantó información precisa de cada cuartel en cuanto, a número y caudal de goteros por planta, obteniendo la precipitación semanal y mensual de agua por unidad de superficie.

Como se observa en el gráfico 10, 13 de 19 agricultores (68%) aplicaron menos agua de la requerida durante la temporada. En contraste, 6 de los 19 casos (32%) de estudio sobre regaron durante la temporada de riego. Del mismo modo al observar el comportamiento mensual de riego (Figura 16 al 18), es posible observar que en el mes de octubre solo 9 de los 19 agricultores que debían regar, 11 agricultores lo hicieron. Dos de ellos regaron, sin necesidad de hacerlo. Aquellos agricultores que han regado 7 de los 9 que debían realizar la programación, regaron bajo el umbral de agua requerido. Entre los meses de noviembre y diciembre, se mantiene la tendencia de que la mayor proporción de agricultores sub riegan en estos meses. En los meses de enero y febrero, los productores tienden a aumentar la precipitación de agua de riego en los huertos, pero casi al menos 35% de los agricultores sobre riegan. Por lo tanto, se percibe, que el aumento de las temperaturas pleno meses estivales, llevan al agricultor a aumentar el tiempo y frecuencia de riego. A partir de marzo, aumenta el número de agricultores que sobre riegan y mantienen el programa de los meses de altos volumen es de agua.

Finalmente, es posible concluir, que el volumen de agua que los agricultores descargan en sus huertos, obedece a su percepción de incremento de temperaturas, siendo este un método que lleva a cometer errores, dado que son muy pocos los casos, y en meses particulares, donde el requerido, es similar al riego aplicado. Se hace evidente, que los agricultores requieren de un método, racional y en tiempo real, para la programación de riego.



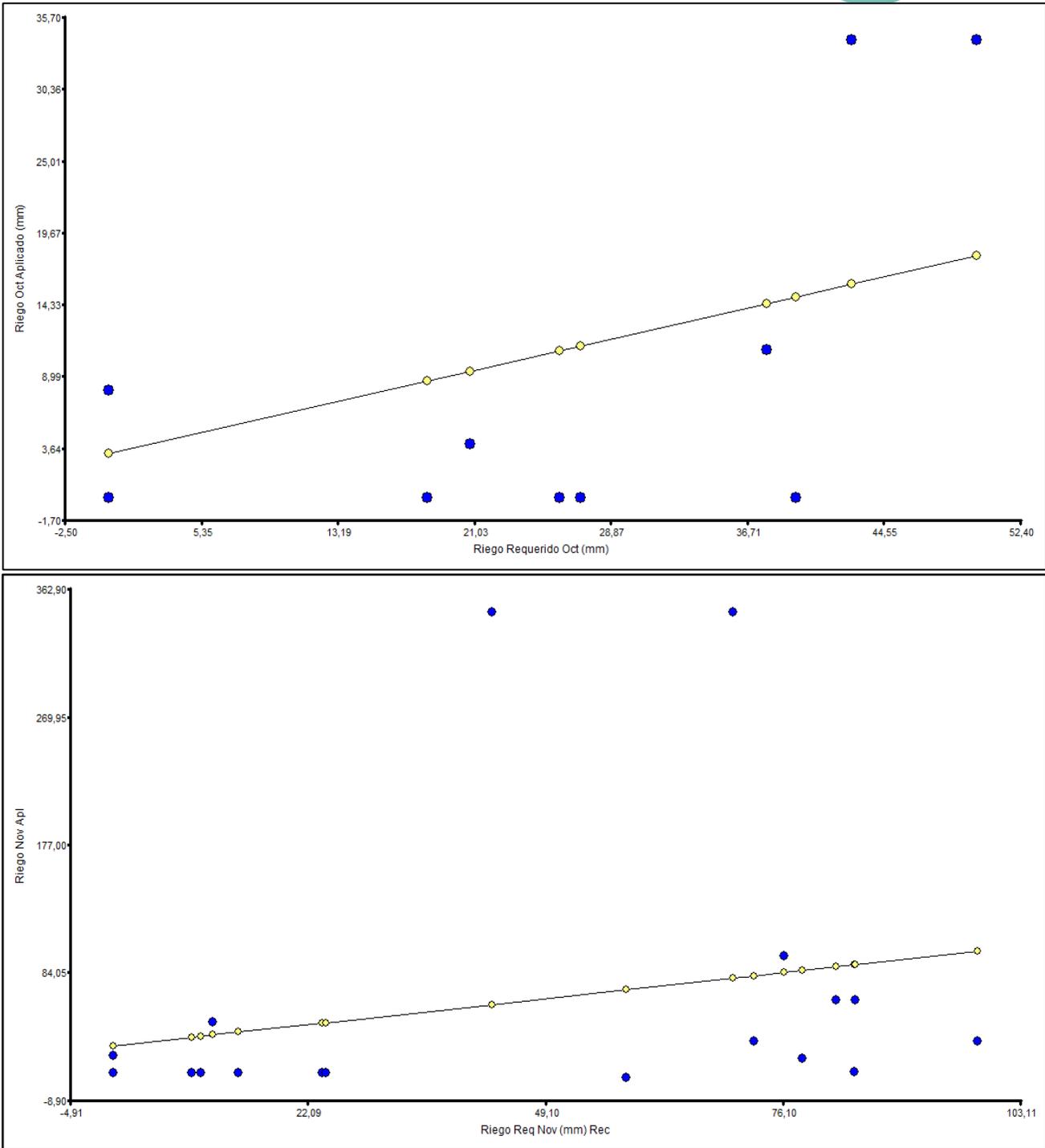


Figura 16. Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de octubre y noviembre. Temporada 2021-22.

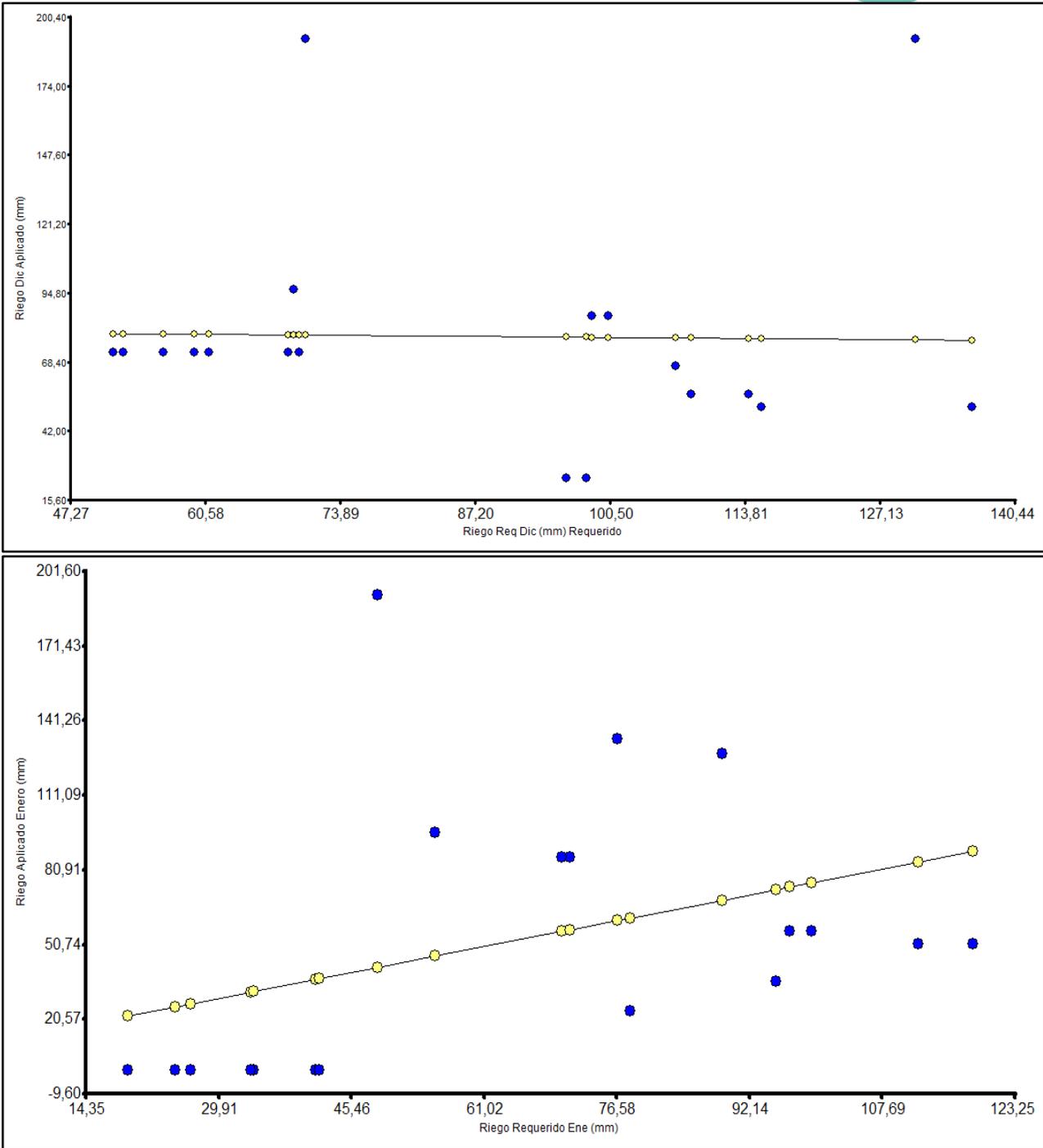


Figura 17. Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de diciembre y enero. Temporada 2021-22.

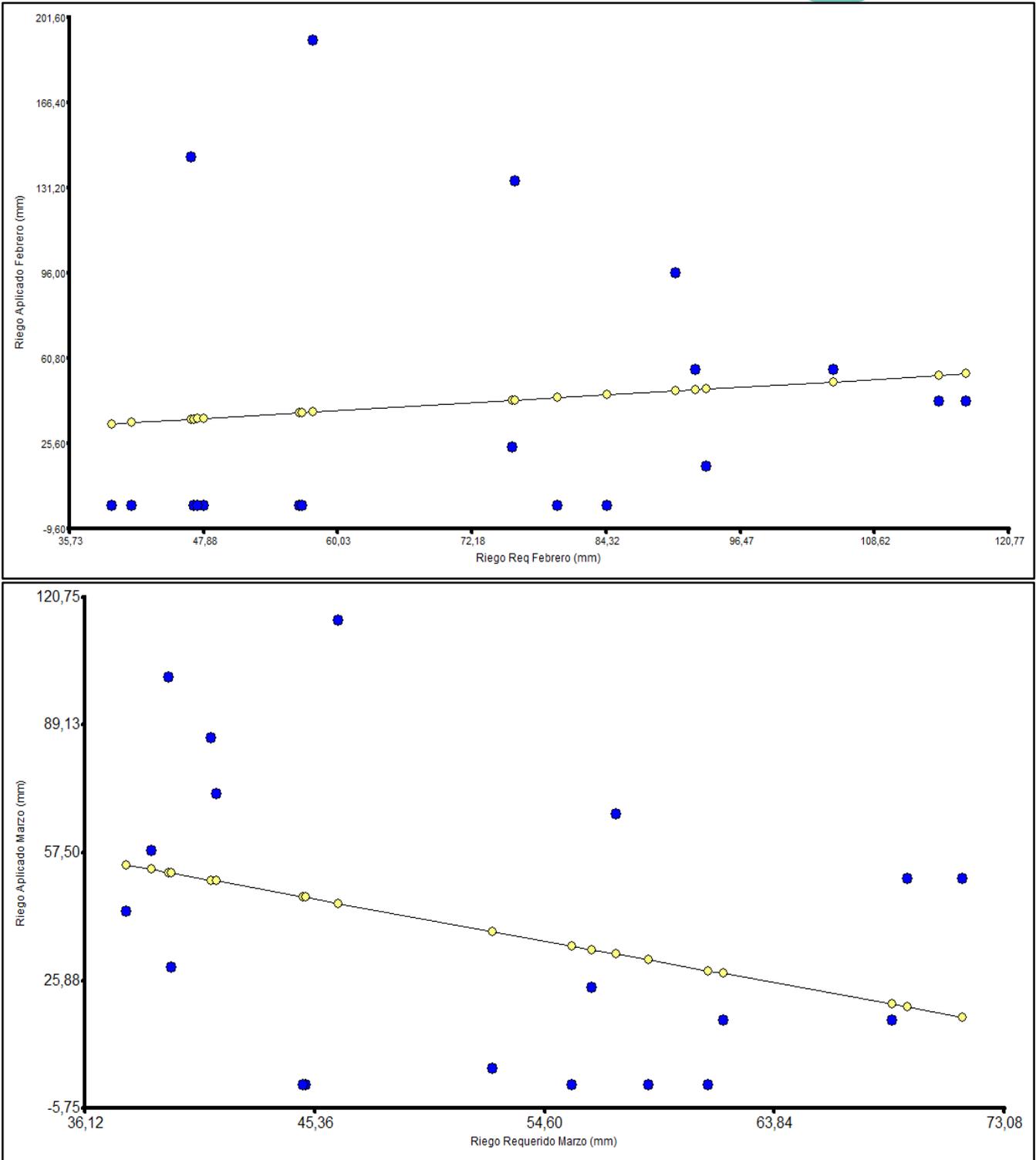


Figura 18. Comparativo entre requerimiento de riegos y riego real aplicado para los meses de febrero y marzo. Temporada 2021-22.



## **2.6 Análisis de componentes principales entre índices espectrales y relación suelo, planta y clima en huertos de arándanos y frambuesa de agricultores familiares ALC de Chile.**

A continuación, se realizará un análisis de variables asociadas a índices vegetacionales, obtenidos en cada uno de los 19 cuarteles de estudio y las variables, nutrientes en suelo, nutrientes en hojas, parámetros físicos de suelo, variables agroclimáticas, como evapotranspiración de referencia, radiación, acumulación mensual de grados día y precipitaciones, registrados en estaciones agrometeorológicas, aledañas a los huertos de los agricultores en estudio. Del mismo modo, se incluirán variables de manejo agronómico, como manejo y programación de riego, estado fitosanitario y vigor de los huertos observado en campo.

Con la información sistematizada, se realizó una matriz de información sistematizada, de los 19 cuarteles en estudio, con información de clima, suelo, planta, manejo agronómico e índices vegetacionales, obteniendo un número de 138 variables, las cuales serán evaluadas, a partir de estadística multivariada, con el objetivo de determinar, aquellas variables, de mayor poder de variabilidad, sobre los índices vegetacionales en estudio.

La estrategia de análisis de datos consiste en observar en forma parcializada la variabilidad de las variables observadas en campo y hacer una comparación con aquellos índices vegetacionales que muestren entre ellos, una mayor variabilidad y correlación a lo largo del periodo fenológico de las plantas, entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-2022. Así, se observará por separado las variables de clima, análisis de suelo y foliar, Vigor y estado fitosanitario del huerto y manejo y programación de riego. Finalmente, se reciclarán aquellas variables de mayor peso y variabilidad medidas como autovectores en cada una de las componentes sintéticas, construidas (autovalores) dentro de la componente. Lo anterior con el fin de determinar cuales, de 138 variables, muestran una mayor variabilidad en campo, y al mismo tiempo correlacionan con mayor fuerza con las variables espectrales medidas mediante los índices espectrales.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio de prueba se espera obtener información relevante que permita conocer las variables de importancia agronómica, que influyan sobre índices vegetacionales, con el objetivo de desarrollar estudios a nivel experimental, con fuentes de variación fija, que permitan la validación de la herramienta OpenFruit, diseñada para agricultores familiares.

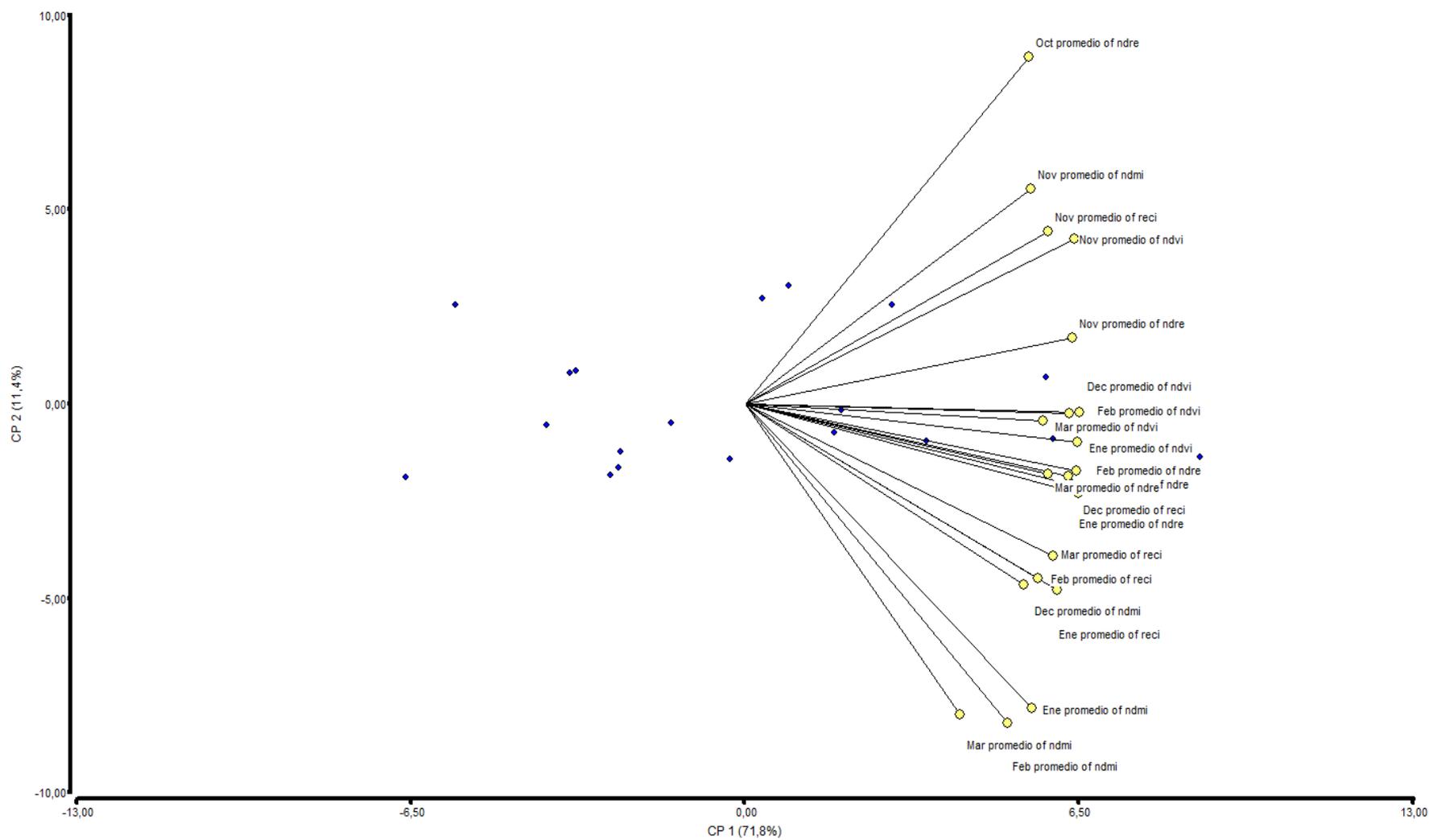


Figura 19. Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22.



El objetivo de este análisis de componentes principales era observar si existe algún índice vegetacionales que muestre una mayor variabilidad respecto a los otros índices, con el objetivo de hacer una selección de uno o más de ellos, para ser análisis con las demás variables. Como se observa en el Biplot, la componente 1, explica el 71,8% de variabilidad de los datos y la CP 2, el 11.4% de la variabilidad de los índices vegetacionales estandarizados. Al analizar el cuadro de autovectores, es posible observar que ninguno de los índices vegetacionales presenta una alta variabilidad sobre otro, es decir su comportamiento es bastante homogéneo, y las diferencias de escala, están sobre la CP2, que tiene relación con el mes del año en que son medidos. Los meses de octubre y marzo difieren y tienen una correlación inversa. Los meses de diciembre y enero el comportamiento espectral de los índices es intermedio y muy similar en términos de variabilidad. Por lo tanto, al no existir grandes diferencias entre los índices vegetacionales, se decidirá incluir en el análisis de los datos, el NDVI, como índice estándar para relacionar con las demás variables.

### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	17,24	0,72	0,72
2	2,75	0,11	0,83
3	1,30	0,05	0,89
4	0,80	0,03	0,92
5	0,65	0,03	0,95
6	0,56	0,02	0,97
7	0,36	0,02	0,99

### Autovectores: Coeficientes de peso de cada variable.

Variabales	e1	e2
Oct promedio de ndvi	0,18	0,35
Oct promedio de ndre	0,19	0,31
Oct promedio de ndmi	0,15	0,41
Oct promedio de reci	0,16	0,40
Nov promedio de ndvi	0,23	0,15
Nov promedio de ndre	0,22	0,06
Nov promedio de ndmi	0,20	0,19
Nov promedio de reci	0,21	0,16
Dic promedio de ndvi	0,23	-0,01
Dic promedio de ndre	0,23	-0,06
Dic promedio de ndmi	0,19	-0,16
Dic promedio de reci	0,22	-0,07
Ene promedio de ndvi	0,23	-0,03
Ene promedio de ndre	0,23	-0,08
Ene promedio de ndmi	0,20	-0,28
Ene promedio de reci	0,21	-0,17
Feb promedio de ndvi	0,22	-0,01
Feb promedio de ndre	0,22	-0,07
Feb promedio de ndmi	0,18	-0,29
Feb promedio de reci	0,20	-0,16



Mar promedio de ndvi	0,20	-0,02
Mar promedio de ndre	0,21	-0,06
Mar promedio de ndmi	0,15	-0,28
Mar promedio de reci	0,21	-0,14

### Análisis de Componentes Principales entre las variables agroclimáticas e índice vegetacionales (NDVI) mensuales.

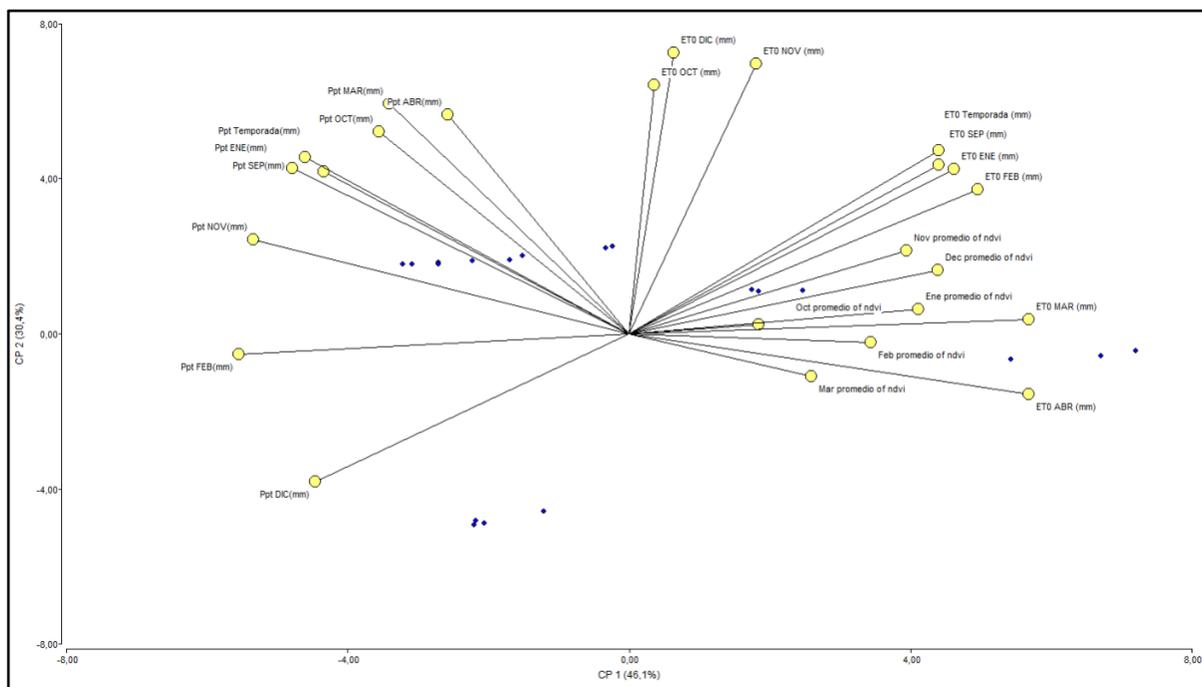


Figura 20. Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22 y variables agroclimáticas precipitaciones y Evapotranspiración de referencia.

Al observar los extremos de este a oeste, CP1 (46,1%) de la variabilidad de los variables climáticas, es posible apreciar fuerzas opuestas entre los índices vegetacionales y las precipitaciones. Por el contrario, fuerzas directas ejercen entre la ETO e índices vegetacionales. No fueron incluidas variables de acumulación de grados días y radiación medidas, data la alta correlación que hay entre estas variables y la Et0, al formar parte de la ecuación Penman Monteith. El aumento de las precipitaciones, disminuyen el NDVI y el aumento de la ETO (Evapotranspiración de referencia) está relacionada positivamente con el NDVI. Entre las variables de mayor peso (autovectores) o mayor inercia, tienen para explicar las variaciones de las variables, NDVI, podemos ver las ETO de septiembre, enero, febrero y marzo. Las precipitaciones de noviembre y febrero muestran una alta inercia sobre la variación de los valores de NDVI.



<b>Autovalores</b>			
<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Proporción Acumulada</b>
1	11,06	0,46	0,46
2	7,30	0,30	0,76
3	3,80	0,16	0,92
4	1,22	0,05	0,97
5	0,46	0,02	0,99

<b>Autovectores</b>		
<b>Variables</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>
Oct promedio de ndvi	0,09	0,01
Nov promedio de ndvi	0,20	0,11
Dic promedio de ndvi	0,22	0,08
Ene promedio de ndvi	0,21	0,03
Feb promedio de ndvi	0,17	-0,01
Mar promedio de ndvi	0,13	-0,05
ETO SEP (mm)	0,22	0,22
ETO OCT (mm)	0,02	0,32
ETO NOV (mm)	0,09	0,35
ETO DIC (mm)	0,03	0,36
ETO ENE (mm)	0,23	0,21
ETO FEB (mm)	0,25	0,19
ETO MAR (mm)	0,28	0,02
ETO ABR (mm)	0,28	-0,08
ETO Temporada (mm)	0,22	0,24
pp SEP(mm)	-0,22	0,21
pp OCT(mm)	-0,18	0,26
pp NOV(mm)	-0,27	0,12
pp DIC(mm)	-0,22	-0,19
pp ENE(mm)	-0,24	0,21
pp FEB(mm)	-0,28	-0,03
pp MAR(mm)	-0,17	0,30
pp ABR(mm)	-0,13	0,28
pp Temporada(mm)	-0,23	0,23

## Análisis de Componentes principales entre las variables composición química de suelo e índice NDVI mensual

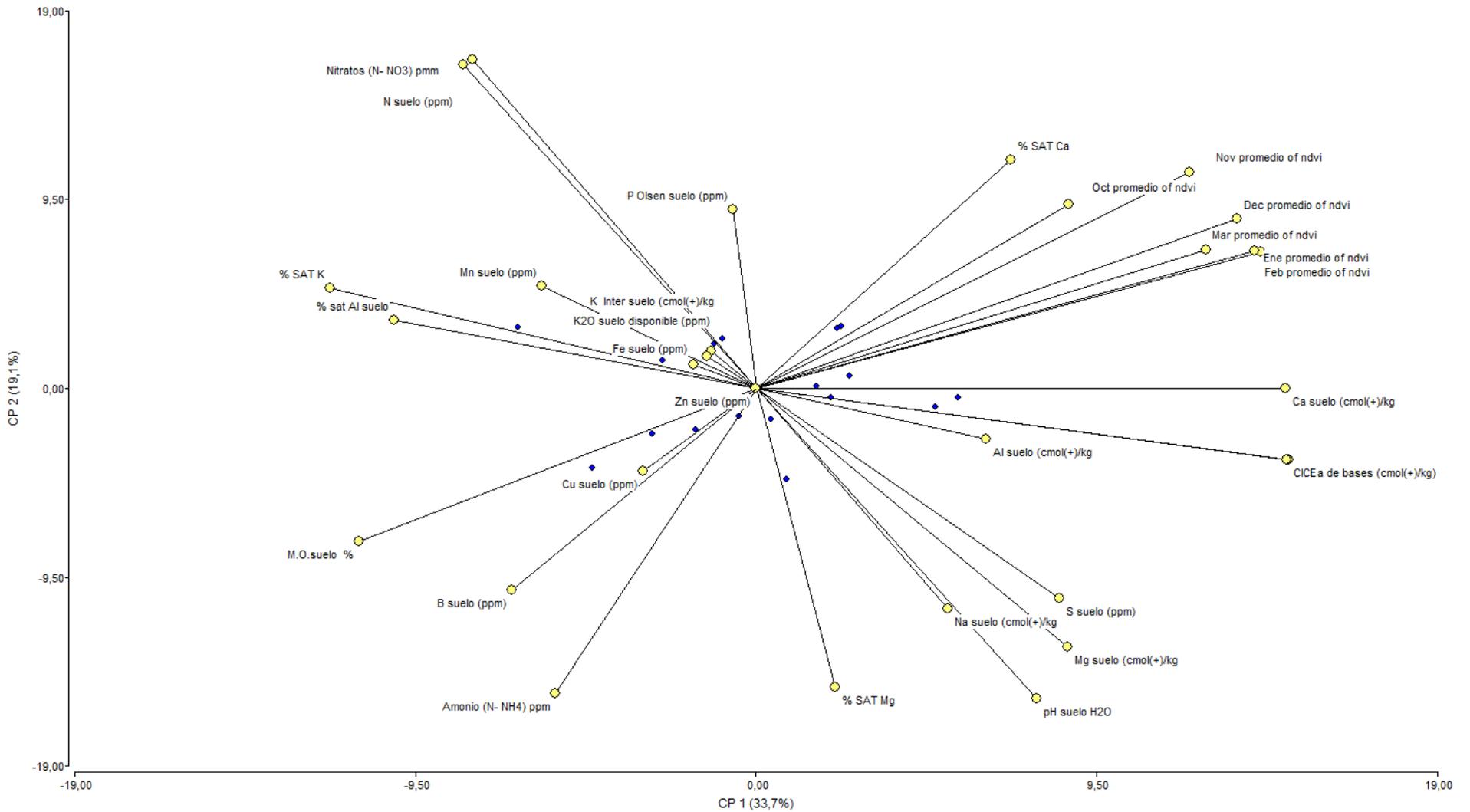


Figura 21. Biplot de componentes principales entre los principales índices vegetacionales medidos entre los meses de octubre y abril de la temporada 2021-22 y variables de suelo correspondiente a 19 cuarteles en estudio.



Al observar los extremos de este a oeste, CP1 (33,7%) de la variabilidad podemos observar que existen fuerzas de variación que se contraponen a los índices NDVI, mensuales. Correlaciones negativas, se observa entre la Nitrógeno del suelo, Mn; porcentaje de saturación de aluminio, Boro y Cobre en el suelo. Por su parte, en la CP2 (19.1%) de la variabilidad, existen fuerzas opuestas a dichos indicadores. El pH del suelo y las bases de intercambio más deficitarias, se oponen al mismo tiempo, a la saturación de aluminio, fosforo, nitratos y hierro. En este sentido, es bastante claro que aquellas condiciones los índices de vegetación están influenciado negativamente, por la acidez de suelo, deficiencia de fósforo, y baja concentración de bases de intercambio, lo que deja en evidencia, que una de las principales brechas tecnológicas, que atentan contra el vigor, la fotosíntesis y el potencial productivo de huertos de pequeños agricultores tienen relación con el fenómeno de acidificación y en consecuencia la baja fertilidad de los suelos, y las escasas intervenciones, de corrección realizadas por parte de los productores.

<b>Autovalores</b>			
<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Proporción Acumulada</b>
1	10,10	0,34	0,34
2	5,73	0,19	0,53
3	3,84	0,13	0,66
4	2,85	0,10	0,75
5	2,20	0,07	0,82
6	1,55	0,05	0,88
7	1,00	0,03	0,91
8	0,95	0,03	0,94

<b>Autovectores</b>		
<b>Variables</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>
Oct promedio de ndvi	0,17	0,18
Nov promedio de ndvi	0,24	0,22
Dic promedio de ndvi	0,26	0,17
Ene promedio de ndvi	0,28	0,14
Feb promedio de ndvi	0,27	0,14
Mar promedio de ndvi	0,25	0,14
pH suelo H <sub>2</sub> O	0,15	-0,31
M.O.suelo %	-0,22	-0,15
Nitratos (N- NO <sub>3</sub> ) pmm	-0,16	0,33
Amonio (N- NH <sub>4</sub> ) ppm	-0,11	-0,30
N suelo (ppm)	-0,16	0,32
P Olsen suelo (ppm)	-0,01	0,18
K <sub>2</sub> O suelo disponible (ppm).	-0,02	0,04
K Inter suelo (cmol+)/kg..	-0,03	0,03
Ca suelo (cmol+)/kg	0,29	-2,8E-04
Mg suelo (cmol+)/kg	0,17	-0,26
Na suelo (cmol+)/kg	0,11	-0,22
Suma de bases (cmol+)/kg).	0,29	-0,07
Al suelo (cmol+)/kg	0,13	-0,05
CICE	0,29	-0,07
% sat Al suelo	-0,20	0,07



% SAT K	-0,23	0,10
% SAT Ca	0,14	0,23
% SAT Mg	0,04	-0,30
S suelo (ppm)	0,17	-0,21
Fe suelo (ppm)	-0,03	0,02
Mn suelo (ppm)	-0,12	0,10
Zn suelo (ppm)	0,00	0,00
Cu suelo (ppm)	-0,06	-0,08
B suelo (ppm)	-0,13	-0,20

## Análisis de Componentes principales entre las variables vigor, estado fitosanitario, anegamiento e Índice NDVI

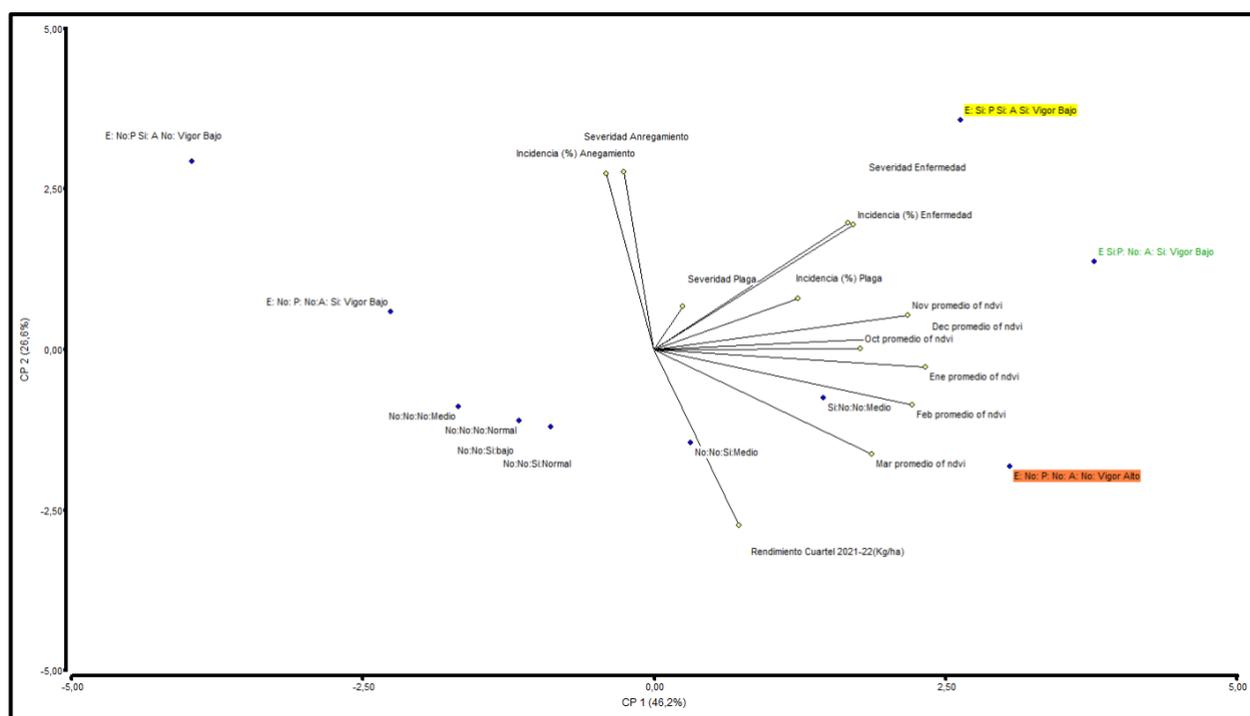


Figura 22. Biplot de componentes principales entre los índices vegetacionales octubre y abril de la temporada 2021-22, variables de estado fitosanitario y vigor del cultivo, correspondiente a 19 cuarteles en estudio. (E): Enfermedad (P) Plaga (A) Anegamiento.

Al observar los extremos de este a oeste, CP1 (46,2%) de la variabilidad observamos que la condición sin enfermedad, sin plagas, sin anegamiento correlaciona directamente con el NDVI del mes de marzo. Esta condición es opuesta al caso contrario en la CP2; con enfermedad, plagas, anegamiento y bajo vigor. El rendimiento es contrario al anegamiento. Los ponderadores (autovectores) que mayor peso o inercia generan sobre la variabilidad de las observaciones de enfermedades y plagas y estas a su vez correlacionan positivamente con condiciones de huerto con bajo vigor y NDVI promedio del mes de octubre.

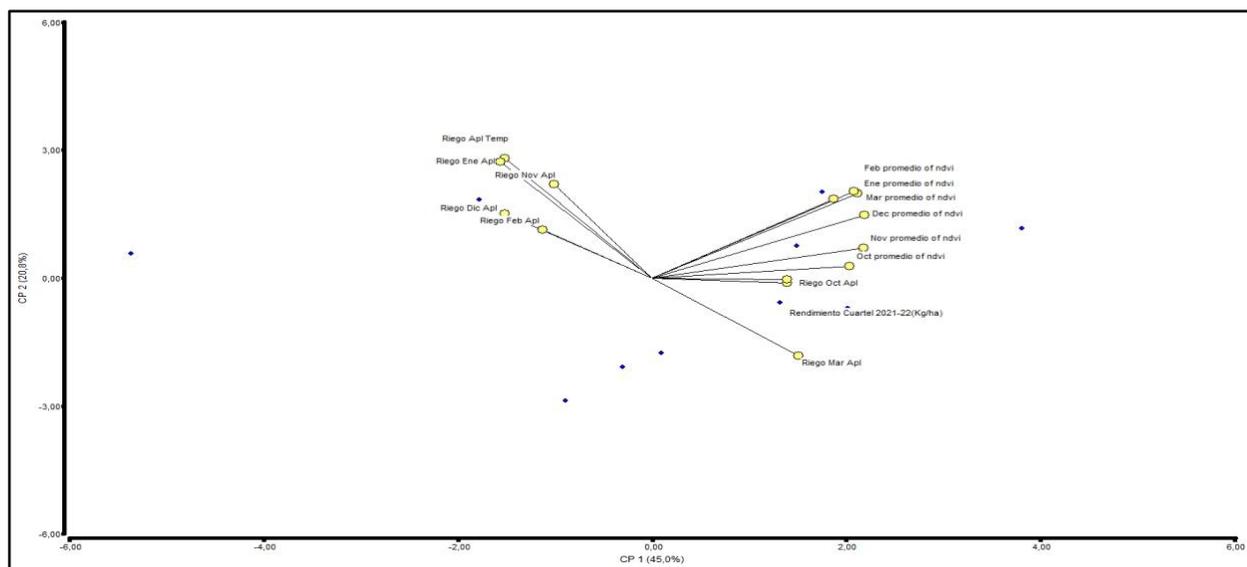


<b>VARIABLES DE CLASIFICACIÓN</b>
Enfermedad
Anegamiento
Plaga
Vigor del Huerto

<b>Autovalores</b>			
<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Proporción Acumulada</b>
1	6,01	0,46	0,46
2	3,46	0,27	0,73
3	1,92	0,15	0,88
4	0,82	0,06	0,94
5	0,37	0,03	0,97
6	0,30	0,02	0,99

<b>Autovectores</b>		
<b>Variables</b>	<b>e1</b>	<b>e2</b>
Oct promedio de ndvi	0,30	1,7E-03
Nov promedio de ndvi	0,37	0,09
Dic promedio de ndvi	0,40	0,04
Ene promedio de ndvi	0,39	-0,05
Feb promedio de ndvi	0,37	-0,15
Mar promedio de ndvi	0,31	-0,28
<b>Incidencia Enfermedades (%)</b>	<b>0,29</b>	<b>0,33</b>
<b>Severidad Enfermedades</b>	<b>0,28</b>	<b>0,33</b>
<b>Incidencia (%) Plaga</b>	<b>0,21</b>	<b>0,13</b>
Severidad Plaga	0,04	0,11
Incidencia (%) Anegamiento	-0,07	0,46
Severidad Anegamiento	-0,04	0,47
Rendimiento Cuartel 2021-22.	0,12	-0,46

## Análisis de Componentes Principales entre el Riego Aplicado y el NDVI Mensual



**Figura 23. Biplot de componentes principales entre los índices vegetacionales medidos entre los octubre y abril de la temporada 2021-22, variables de riego aplicado al cultivo, correspondiente a 19 cuarteles en estudio.**

Al analizar el biplot del gráfico 21, es posible observar que el rendimiento de los cuarteles, tiene una correlación positiva, asociada a los riegos de octubre y marzo. Ambos manejos de las entradas y salidas de temporadas son los que presentan un comportamiento con mayor variación, respecto a los meses de diciembre enero y febrero.

En el mes de octubre, sólo 9 de los 19 agricultores que debían regar, de acuerdo con el marco teórico. El resultado es que 11 agricultores regaron. Así, dos productores regaron, sin necesidad de hacerlo. Por su parte, aquellos agricultores que han regado 7 de los 9 que debían realizar la programación, regaron bajo el umbral de agua requerido.

Entre los meses de noviembre y diciembre, se mantiene la tendencia de que la mayor proporción de agricultores sub riegan en estos meses. En los meses de enero y febrero, los productores tienden a aumentar la precipitación de agua de riego en los huertos, pero casi al menos 35% de los agricultores sobre riegan.

A partir de marzo, aumenta el número de agricultores que sobre riegan y mantienen el programa de los meses de altos volumen es de agua. Se observa una correlación alta y significativa entre la aplicación de agua y el NDVI en el mes de marzo (ver Cuadro 9).

En resumen, en los meses de octubre y marzo se aplica más agua que lo requerida, y eso genera una alta variación en los índices vegetacionales, siendo el desbalance menor en los meses de diciembre y febrero, aunque bajo la condición de riego requerida, lo que origina menos variación o correlación negativa, entre los índices vegetacionales.



### Autovalores

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	6,30	0,45	0,45
2	2,91	0,21	0,66
3	2,40	0,17	0,83
4	0,99	0,07	0,90
5	0,65	0,05	0,95
6	0,51	0,04	0,98
7	0,20	0,01	1,00

### Autovectores

Variables	e1	e2
Oct promedio de ndvi	0,32	0,04
Nov promedio de ndvi	0,34	0,11
Dic promedio de ndvi	0,34	0,23
Ene promedio de ndvi	0,33	0,31
Feb promedio de ndvi	0,32	0,32
Mar promedio de ndvi	0,29	0,29
Rendimiento Cuartel 2021-22	0,22	-0,02
Riego Aplicado Temporada	-0,24	0,44
Riego Oct Aplicado	0,22	-4,9E-03
Riego Nov Aplicado	-0,16	0,34
Riego Dic Aplicado	-0,24	0,23
Riego Ene Aplicado	-0,24	0,42
Riego Feb Aplicado	-0,17	0,18
Riego Mar Aplicado	0,23	-0,28

**Cuadro 9. Correlación múltiple entre NDVI mensual y riego aplicado en los meses de octubre a marzo.**

Índice Vegetacionales	Riego Aplicado Mes	n	R Pearson	Significancia
Oct promedio de ndvi	Riego Oct Aplicado	19	0,17	0,4762
Nov promedio de ndvi	Riego Nov Aplicado	19	-0,39	0,0996
Dic promedio de ndvi	Riego Dic Aplicado	19	-0,37	0,1213
Ene promedio de ndvi	Riego Ene Aplicado	19	-0,32	0,1803
Feb promedio de ndvi	Riego Feb Aplicado	19	-0,4	0,091
<b>Mar promedio de ndvi</b>	<b>Riego Mar Aplicado</b>	<b>19</b>	<b>0,46</b>	<b>0,0463</b>



## Referencias Bibliográficas

BIOMARCC-SINAC-GIZ. (2013). *Análisis de vulnerabilidad de las zonas oceánicas y marino costeras de costa rica frente al cambio climático.*

Mapplecroft. (2014). Índice de vulnerabilidad y adaptación al cambio climático en la región de América Latina y el Caribe. En *Corporación Andina de Fomento.*

Monterroso, A., Conde, C., Gay, C., Gómez, J., & López, J. (2013). Indicadores De Vulnerabilidad Y Cambio Climático En La Agricultura De México. *Centro de Ciencias dela Atmósfera e Instituto de Geografía - UNAM*, 881-890.

Retana, A. (2012). *Mejoramiento de las capacidades nacionales para la evaluación de la vulnerabilidad y adaptación del sistema hídrico al cambio climático en Costa Rica, como mecanismo para disminuir el riesgo al cambio climático y aumentar el Índice de Desarrollo Humano.* IMN. <http://cglobal.imn.ac.cr/documentos/publicaciones/AdaReHiCRCC/offline/download.pdf>



## Instituciones Principales



## Instituciones Asociadas



Secretaría Técnica Administrativa



Con el apoyo de:



[www.fontagro.org](http://www.fontagro.org)

Correo electrónico: [fontagro@fontagro.org](mailto:fontagro@fontagro.org)