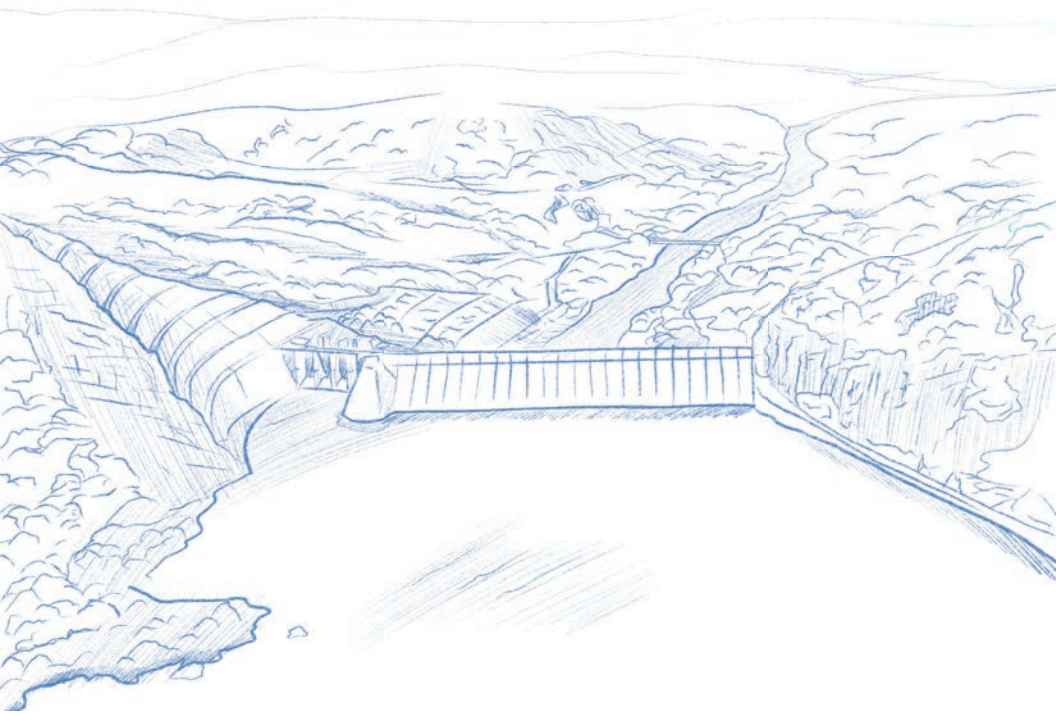
Proyecto de monitoreo del comportamiento microclimático y agronómico en el área de influencia del embalse Topocoro

Diciembre de 2022

Fundación Natura Colombia 40 Años

ISAGEN ENERGÍA PRODUCTIVA



Proyecto de monitoreo del comportamiento microclimático y agronómico en el área de influencia del embalse Topocoro

Diciembre de 2022

© Fundación Natura
www.natura.org.co

Clara Ligia Solano
Directora ejecutiva

Claudia Lorena Franco
Subdirectora técnica

Nancy Vargas Tovar
Subdirectora técnica

Sandra Galán
Subdirectora técnica

Mauricio Rosas
Jefe financiero y contable

Andrea Gutiérrez de Piñeres
Jefe administrativa y de gestión humana

Eliana Garzón
Jefe de comunicaciones

Andrés Julián Rueda Quecho
Jefe de proyecto

© ISAGEN S.A. E.S.P
www.isagen.com.co

Camilo Marulanda López
Director general

Javier Cardona
Coordinador ambiental Central Sogamoso

Jorge Mario Ríos
Profesional ambiental

Manfry Gómez
Profesional social

Autores
Andrés Julián Rueda Quecho
Daniel Espinosa Ospina
Javier Díaz Cediel
Katerint Badillo Esteban
Abel Antonio Merchán Silva

Sistematización y apoyo estadístico
Andrés Julián Rueda Quecho
Daniel Espinosa Ospina
Javier Díaz Cediel

Edición
Ella Suárez

Diseño y diagramación
Juan Pablo Sanabria Ríos
María Isabel López

Fotografía
Javier Díaz Cediel
Alejandro Peña García

1a edición: abril de 2023
Bogotá D.C., Colombia
ISBN: 978-628-7629-02-8
ISBN Digital: 978-628-7629-03-5

Impreso por:
Diseño Empresarial Ecodigital, imprenta de Santander, en Bucaramanga.

© Fundación Natura Colombia
Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del contenido de esta cartilla para fines educativos u otros fines no comerciales, con previa autorización de los titulares de los derechos de autor y citando la fuente. Se prohíbe la reproducción de este documento para fines comerciales.

Citación sugerida: Rueda Quecho, A. J., Espinosa Ospina, D., Díaz Cediel, J., Badillo Esteban, K., & Merchán Silva, A. A. (2023). *Proyecto de monitoreo del comportamiento microclimático y agronómico en el área de influencia del embalse Topocoro (diciembre de 2022)*. Fundación Natura.

Contenido

Presentación 5

Capítulo 1

¿Qué es la percepción? 6

Percepción ambiental 10

Capítulo 2

Resultados del monitoreo agronómico 12

Conceptos 14

¿Qué entendemos por monitoreo agronómico? 14
¿Cómo se realiza el monitoreo agronómico? 15
¿Qué sucesos o eventos se monitorean en los cultivos? 15
¿Dónde se encuentran las parcelas de monitoreo? 17
¿Hace cuánto se está realizando el monitoreo agronómico? 17

Resultados a diciembre de 2022 18

¿Cómo se comportó la producción de cacao en el año 2022 en relación con los años monitoreados antes del 2022? 18
Resultados del comportamiento de la producción en cacao 19
¿Qué podemos concluir del análisis del comportamiento de la producción de cacao en la zona de influencia del Embalse Topocoro? 20
¿Cómo fue el comportamiento de las enfermedades del cacao en el 2022 en relación con los años monitoreados antes del 2022? 21
Resultados del comportamiento del monitoreo en café 24

Capítulo 3

Resultados del monitoreo meteorológico 26

¿Cómo estuvo el 2022 en cuestiones de clima? 27
El Cedral 30
La Estrella 32
Guaimaral 35
El Marqués 38
Villa Mónica 41
La Parroquia 44
El Placer 47
Conclusiones 50
Referencias 51

Presentación

ISAGEN y Fundación Natura, entidades encargadas de la ejecución del *Programa para atender la percepción de la comunidad acerca de posibles cambios microclimáticos ocasionados por el embalse de la Central Hidroeléctrica Sogamoso*, presenta a las poblaciones rurales del área de influencia este material comunicacional, cuyo objetivo es enseñar los resultados obtenidos hasta diciembre de 2022 respecto al desarrollo del monitoreo meteorológico y agronómico realizado en la zona aledaña al embalse.

En el primer capítulo se presentan conceptos y ejercicios de percepción y su relación con las condiciones agrometeorológicas de la zona de estudio. El capítulo 2 expone los resultados agronómicos. Para el caso del cacao, se registra el comportamiento productivo en las 21 parcelas de monitoreo, así como la incidencia de las principales enfermedades (monilia y fitóftora), y se expone la distribución anual en el comportamiento de los cojines activos y los frutos formados antes del llenado del embalse y después de este.

Finalmente, el capítulo 3 da cuenta de los resultados del comportamiento meteorológico obtenido por medio de la red de siete estaciones ubicadas alrededor del embalse: el comportamiento en el promedio mensual de variables como la temperatura del aire, la humedad relativa, las precipitaciones y la radiación, antes del llenado del embalse y después de este.

Capítulo 1

¿Qué es la percepción?

El *Programa para atender la percepción de la comunidad acerca de posibles cambios microclimáticos ocasionados por el embalse de la Central Hidroeléctrica Sogamoso*, como su nombre lo indica, tiene como objetivo atender las percepciones que las comunidades ubicadas alrededor del embalse Topocoro pueden tener con relación al comportamiento del microclima y cómo éste puede, o no, variar el comportamiento de los cultivos objeto de estudio (cacao, café y tabaco). Es por esto que, como punto de partida, es importante conocer y dar claridad sobre el concepto de "**Percepción**".

La percepción es la interpretación que cada persona da a los diferentes estímulos recibidos del mundo exterior, es decir, es la manera como se organiza y concibe la información transmitida por medio de los sentidos; pero en la que además influyen diferentes factores sociales y psicológicos inherentes al sujeto (por ejemplo, sucesos de la vida, necesidades individuales o educación recibida). Por lo tanto, la percepción es subjetiva y diferente en un mismo grupo de personas, aún bajo una misma situación y/o lugar (Lugo, 2022).

También se puede decir que la percepción es el proceso inicial de la actividad mental y no solamente con relación a los estados sensoriales, a través del cual el individuo realiza una abstracción del mundo externo o de los hechos relevantes que lo rodean y por tanto hacen subjetiva su interpretación. "La Gestalt definió la percepción como una tendencia al orden mental. Inicialmente, la percepción determina la entrada de información; y en segundo lugar, permite que la información retomada del ambiente se convierta en abstracciones (juicios, categorías, conceptos, imaginarios, etc.)" (Oviedo, 2004, p. 90).

En general, las percepciones están ligadas con las circunstancias que cada individuo vive en su cotidianidad, lo que percibe por medio de sus sentidos; además, se encuentra inmersa a su personalidad, esto es, una persona interpreta, dependiendo de las circunstancias que vive y experimenta. Así, la percepción es una respuesta a las condiciones del entorno que se observan o se sienten con el propósito de comprender estos eventos a través de los sentidos. Las figuras 1 y 2 son ejemplos que definen la percepción que se tiene por el comportamiento meteorológico en la zona.

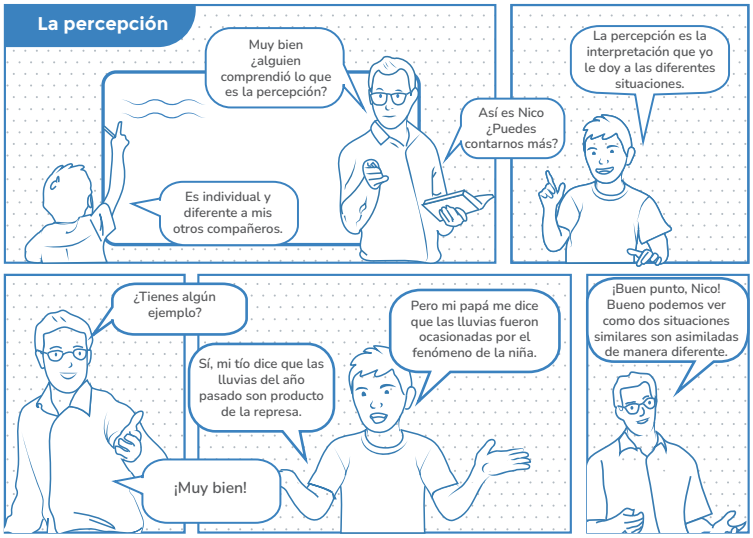


Figura 1. Ejemplo de percepción.

Otro ejemplo de percepción se puede comprobar si vemos la siguiente figura y fondo:

Figura y fondo: tamaño relativo

El área más pequeña es la chica de blanco, y es esta la que tiende a convertirse en figura.

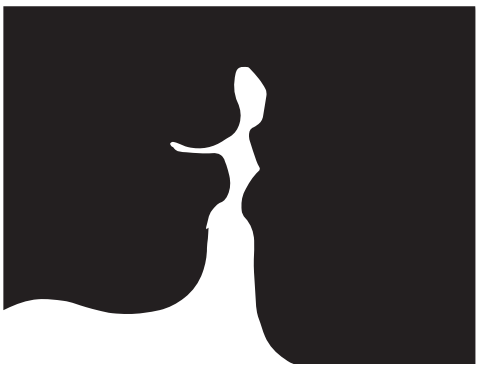


Figura 2. Ejemplo de percepción.
Fuente: tomada de Prados (2016).

Con el retrato de la figura 2, podemos observar la organización externa e interna de las formas que nuestro cerebro hace. Usted puede haber visto, en un primer momento, a dos personas besándose, pero otro lector posiblemente observó la silueta de la chica de blanco en el centro. Así comprobamos que cada persona percibe de manera distinta, aún mirando una misma figura, contexto o situación. A continuación, encontrará más ejemplos acerca de la percepción. ¿Cuántos bloques hay? Concepto de forma ¿Qué ves?

Figura 3. Ejemplo de percepción
Tomada de Aprendiendodepsico (2015)

Figura 4. Ejemplo de percepción
Tomada de Oviedo (2004)

Percepción ambiental

Cuando se habla de *percepción ambiental*, se hace referencia a ese proceso habitual, automático y psicológico por medio del cual las personas se adaptan a los cambios del entorno, y ahí intervienen actitudes que están relacionadas con los sentimientos (favorables o desfavorables) que se tengan en el ambiente, según lo que escuchen, sientan o vean.

Según Alina Alea García y José Alberto Jaula Botet (2006), la percepción ambiental es esa imagen que crea la persona a través de esa interpretación del entorno y la unificación de sensaciones de la realidad ambiental, donde influyen variables como: "las personales, la edad, actividad habitual, determinadas características de los órganos perceptivos, el género, la experiencia" (p. 41). En efecto, la percepción ambiental de cada persona se hace diferente por el conocimiento que tenga frente a determinado sistema ambiental, definidos por diferentes atributos como la estructura y el contenido que le reconocen cierta calidad al ambiente. Los autores resaltan que:

> [...] gran parte del desempeño diario de las personas depende de la capacidad para percibir de manera adecuada los diferentes elementos que conforman el medio en donde se desenvuelven, las percepciones ambientales condicionan los conocimientos, las actitudes y las sensibilidades, e influyen considerablemente en la orientación y regulación de las acciones de los individuos hacia el entorno. (Alea García y Jaula Botet, 2006, p. 40)

En conclusión, la percepción ambiental es la manera como cada sujeto reconoce, considera y aprecia su hábitat, lo cual influye de manera significativa en la toma de decisiones de cada persona sobre el entorno que lo rodea (Fernández Moreno, 2008).

Capítulo 2

Resultados del monitoreo agronómico

Desde enero del 2012, en atención al Plan de Manejo Ambiental de la Central Hidroeléctrica Sogamoso, ISAGEN en alianza con la Fundación Natura ha venido haciendo seguimiento a los cultivos de cacao que se encuentran establecidos en el área de influencia directa del Embalse Topocoro. En este sentido se ha realizado monitoreo al comportamiento de la floración, formación de frutos, cosechas, plagas y enfermedades de estos cultivos: Cacao, Café y Tabaco. Esta información se ha correlacionado con el comportamiento del clima local desde antes del llenado del embalse Topocoro y después de su conformación. La información recolectada de forma periódica se ha venido analizando y comparando, año tras año, con el propósito de determinar si dichos cultivos se siguen comportando de igual manera que lo hacían antes del llenado del embalse o si, por el contrario, después del llenado del embalse, se han presentado cambios en sus procesos naturales (fisiología, fitopatología y/o producción).

Este capítulo presenta los resultados del monitoreo con corte a diciembre de 2022 y su relación con los años anteriormente monitoreados (desde 2011), con relación a los eventos de floración, formación de frutos, comportamiento de las cosechas, plagas y enfermedades asociadas con los cultivos objeto de estudio: Cacao, Café y Tabaco.

Para su mayor comprensión es importante que recordemos:

¿Qué es el monitoreo agronómico?

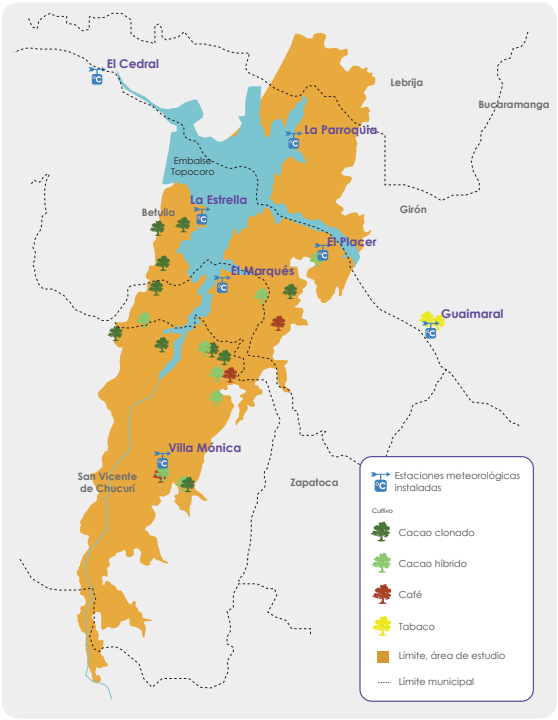
¿De qué se trata?

¿Cómo se realiza?

¿Hace cuánto se lleva a cabo?

¿Cuáles son los cultivos que se están monitoreando?

¿Dónde están ubicados?



Mapa 1. Parcelas de Monitoreo

Conceptos

¿Qué entendemos por monitoreo agronómico?

En primer lugar, monitorear es hacerle seguimiento periódico a sucesos, eventos o fenómenos que ocurren en la naturaleza. Por ejemplo, averiguar ¿Qué ocurre con el cultivo cuando la humedad del suelo varía?; ¿Cómo responde la producción de un cultivo cuando se aplican las acciones de manejo recomendadas por la Federación Nacional de Cacaoteros -FEDECACAO-?, ¿Cómo se comporta una parcela de cacao cuando se hace un mejoramiento genético?; ¿Cómo es el comportamiento del cultivo cuando

el agricultor hace un control oportuno y frecuente de las enfermedades? Éstas son preguntas que a través de esta investigación y del monitoreo agronómico, se resuelven y por tanto permiten conocer el comportamiento de los fenómenos de floración, cuajamiento y llenado de frutos, tendencias de las cosechas a lo largo de los años de estudio; comportamiento de las plagas y enfermedades asociadas a los cultivos de cacao, café y tabaco, en relación al comportamiento del clima local (microclima) antes y después del llenado del embalse Topocoro.

¿Cómo se realiza el monitoreo agronómico?

Desde 2012 hasta diciembre del 2022 se ha hecho seguimiento a las 26 parcelas de monitoreo agronómico, 21 corresponden a cacao clonado (10 de cacao híbrido o común y 11 de cacao injerto o clonado), 3 al cultivo de café y 2 al de tabaco. Cada 15 días se hacen visitas a cada parcela de cacao y tabaco y, semanalmente, a las parcelas de café. En cada parcela de cacao y café se cuenta con 20 árboles seleccionados para recoger la información de las variables de monitoreo; en las parcelas de tabaco, la muestra la componen 12 plantas por cada ciclo de siembra.

¿Qué sucesos o eventos se monitorean en los cultivos?

Floración. Es la aparición de los órganos encargados de la reproducción en las plantas, porque sin ellos no hay frutos. Hacer seguimiento a este suceso permite determinar la cantidad de frutos que se pueden llegar a formar en un árbol cultivado.

Formación de frutos. Es el resultado del comportamiento presentado en la polinización. Esta variable da una aproximación de cómo podría estar la cosecha.

Frutos marchitos. Este suceso puede ocurrir ya sea porque el árbol cargó muchos frutos y necesita eliminar algunos (aborto de frutos), debido a que no está en condiciones de llevarlos todos a cosecha, o por cambios bruscos en la presencia de plagas o enfermedades que atacan al árbol o al mismo fruto.

Productividad. Es el cálculo de cuánto produjo determinado cultivo por unidad de área sembrada y por unidad de tiempo. En el caso del cacao y el café, se mide en kilogramos de producción por hectárea/año. Y para el caso del cultivo de tabaco, se mide en kilogramos por hectárea por cada ciclo de siembra.

Plagas y enfermedades. A través del monitoreo de plagas y enfermedades se conoce de qué manera influye su presencia sobre los cultivos, dependiendo de las condiciones climáticas que se presenten, la genética de los materiales sembrados, el manejo que el agricultor realice al cultivo, entre otros factores que inciden sobre las patologías en los cultivos. Con este seguimiento se conoce el ciclo de desarrollo de las plagas y enfermedades, así como el momento indicado para su control y favorecer la cosecha. También permite conocer qué condiciones son las que más las favorecen para que estas se multipliquen y se establezcan en el cultivo.

En el cultivo de cacao de la zona monitoreada las enfermedades son ocasionadas por hongos, entre los cuales que se destacan la monilia, escoba de bruja y fitóftora. Las condiciones de humedad alta e incremento de las lluvias y carencia de manejo por parte del agricultor son condiciones que favorecen su permanencia. Éstas afectan directamente la sustentabilidad del cultivo, ya que su principal daño se da al fruto de cacao.

En el cultivo de café de la zona objeto de investigación, las afectaciones se dan por plagas, siendo la más importante La Broca, que daña la calidad del fruto al perforarlo. Ésta se incrementa en los meses de lluvias bajas y es más agresiva en cultivos establecidos por debajo del rango altitudinal mínimo >1200 msnm para este cultivo.

En el cultivo de tabaco establecido en la zona objeto de investigación, los daños se pueden dar tanto por plagas como por enfermedades. Los principales daños observados en el tiempo que se lleva monitoreando este cultivo ocurren por plagas, como el gusano cogollero, la pulguilla del tabaco y trips. Estas afectan la calidad de la hoja del tabaco, con lo cual disminuye el precio de venta.

¿Dónde se encuentran las parcelas de monitoreo?

Los cultivos monitoreados están ubicados en la zona de aguas arriba del Embalse Topocoro en los municipios de San Vicente de Chucurí, Zapatoca, Betulia y Girón. Con respecto a la cercanía del embalse, las parcelas se ubican entre 1,5 kilómetros y 15 kilómetros de distancia del embalse, abarcando un paisaje compuesto por diferentes topografías, alturas y coberturas del suelo. De igual forma, las parcelas se encuentran dentro de un radio de 10 kilómetros de las 7 estaciones climáticas que tiene ISAGEN con el fin de poder relacionar los registros de las variables climáticas con la información agronómica.

¿Hace cuánto se está realizando el monitoreo agronómico?

El Plan de Manejo Ambiental se ha ejecutado desde el año 2009 cuando se actualizó la licencia ambiental de la Central Hidroeléctrica Sogamoso, es decir, a partir de dicho año quedó establecida la obligación de ejecutar el *Programa para atender la percepción de la comunidad acerca de posibles cambios microclimáticos ocasionados por el embalse de la Central Hidroeléctrica Sogamoso.*

ISAGEN en alianza con la Fundación Natura, desde el 2010 viene realizando las acciones definidas por la autoridad ambiental, iniciando con la definición metodológica de la investigación, instalación de la red de estaciones climáticas y parcelas de monitoreo agronómico. En el 2011 se inicia con la captura y registro de las principales variables climáticas y agronómicas.

El monitoreo agronómico se puede dividir en dos fases: i) antes del llenado y ii) después del llenado del embalse.

Fase 1. Constituye la línea base. Comenzó a partir de enero del 2012 y se extendió hasta diciembre del 2014, año en que se inició el llenado del embalse.

Fase 2. Comenzó a partir del 2015 y se extiende hasta la fecha.

A continuación, queremos mostrarles cómo se comportó la producción y las principales plagas y enfermedades de los cultivos monitoreados en la zona de influencia del embalse Topocoro en el año 2022 y su relación con los años anteriormente monitoreados.

Resultados a diciembre de 2022

A continuación, se muestra el comportamiento de la producción y de las principales plagas y enfermedades de los cultivos monitoreados en la zona de influencia del embalse Topocoro en el año 2022 y su relación con los años anteriormente monitoreados.

¿Cómo se comportó la producción de cacao en el año 2022 en relación con los años monitoreados antes del 2022?

En la figura 5 se muestra el comportamiento de la producción de cacao en las 21 parcelas de monitoreo a lo largo de los 12 meses del 2022, y se compara con los mismos resultados de los años anteriores (desde el 2012 hasta el 2021). La curva en color azul representa el 2022, y la curva gris representa el comportamiento histórico de la producción en un año.

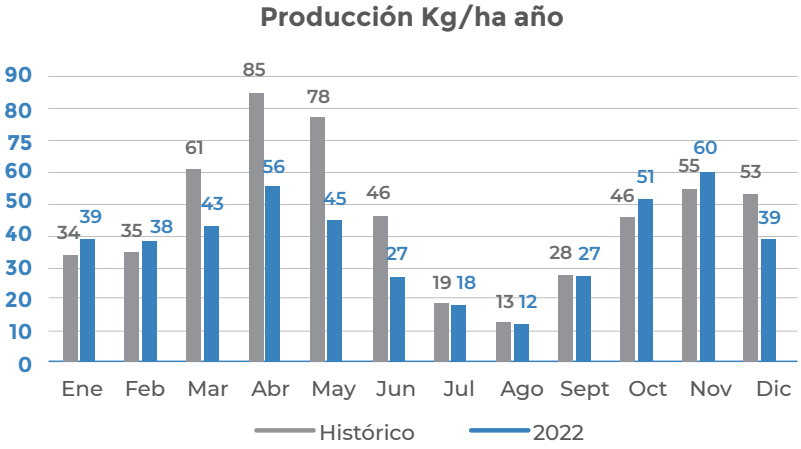


Figura 5. Comportamiento de la producción de cacao en el año 2022 en relación con años monitoreados anteriormente (2012-2021).

Los valores que aquí se presentan corresponden al promedio mensual de mazorcas de cacao sanas de las 21 parcelas monitoreadas. Este valor se obtiene sumando el total de mazorcas registradas en un mes por cada parcela, y dividiendo el resultado en las 21 parcelas monitoreadas.

Resultados del comportamiento de la producción en cacao

Empecemos analizando qué sucedió en el 2022 (barras en color azul). Podemos observar que a lo largo del año 2022 se presentaron dos picos de cosecha:

- El primer pico se dio en marzo, abril y mayo. Abril fue el mes con la mayor producción de mazorcas sanas.
- El segundo pico de cosecha se dio en octubre, noviembre y diciembre, con noviembre como el mes con la mayor producción de mazorcas sanas.

También se observa que el pico de cosecha más importante del año 2022 ocurrió en el primer semestre del año.

Ahora comparemos los resultados del año 2022 (curva azul) con los resultados de los años anteriores al 2022 (curva gris). Al comparar la producción de mazorcas sanas del 2022 con el comportamiento presentado en los años anteriores podemos concluir lo siguiente:

- Los meses con los picos de mayor producción de mazorcas sanas son los mismos (primer pico: marzo, abril y mayo; segundo pico: octubre, noviembre y diciembre).
- En las dos curvas se puede apreciar que el pico de cosecha más importante del año ocurre en el primer semestre del año.
- El comportamiento de las mazorcas sanas mantiene su tendencia en el tiempo, es decir, antes y después de llenado del embalse los meses con los mayores picos de producción no ha cambiado.

¿Qué podemos concluir del análisis del comportamiento de la producción de cacao en la zona de influencia del Embalse Topocoro?

1. Desde que se inició el monitoreo agronómico, los picos de mayor producción de cacao a lo largo del año siguen presentándose en los mismos meses:

    - Un primer pico de cosecha ocurre en los meses de marzo, abril y mayo.
    - Y un segundo pico ocurre en los meses de octubre, noviembre y diciembre.

2. El pico de mayor producción de mazorcas sanas ocurre en el primer semestre del año.
3. La producción de mazorcas sanas de cacao en el primer pico de cosecha del 2022 estuvo muy por debajo del promedio acumulado de lo acontecido en los anteriores años monitoreados (desde el 2012 hasta el 2021).
4. La baja producción de mazorcas sanas en el primer semestre del 2021 se puede atribuir a los efectos ocasionados por el fenómeno de La Niña, que favorecieron el incremento de la incidencia de las enfermedades en el cultivo de cacao y alteraron los ciclos de floración y formación de frutos.
5. El comportamiento de las mazorcas sanas y los meses con los mayores picos de producción se mantienen en el tiempo, es decir, no se han presentado cambios para estas variables antes y después de llenado del embalse.

¿Cómo fue el comportamiento de las enfermedades del cacao en el 2022 en relación con los años monitoreados antes del 2022?

¿Cómo se comportó la monilia?

La figura 6 muestra el comportamiento que presentó la monilia a lo largo de los 12 meses del 2022 en comparación con el comportamiento de los años anteriores (desde el 2012 hasta el 2021). En color azul están las barras correspondientes al 2022, y en color gris, las barras para los resultados de los años anteriores, expresados en porcentaje (%) de incidencia de monilia en cada mes del año.

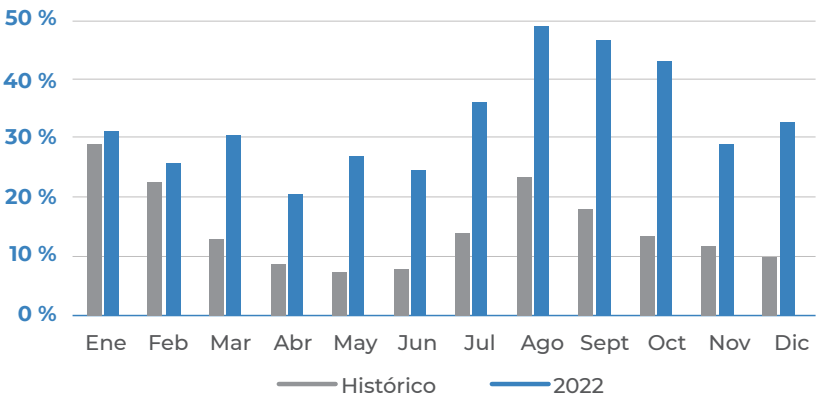


Figura 6. Comportamiento de la incidencia de monilia en el año 2022 en relación con años monitoreados anteriormente (2012-2021).

Interpretación de los resultados del comportamiento de la monilia: En la barra de color azul para el comportamiento de la monilia en el año 2022 podemos apreciar que:

- A lo largo del año la incidencia de la monilia estuvo entre el 4 % y el 17 %, rangos normales para la presencia de esta enfermedad.
- En el primer semestre del 2022 la incidencia más alta de la monilia se dio en los meses de enero y marzo, con un 9 %.

- En el segundo semestre del año, la incidencia más alta de la monilia se dio en octubre, con un 17 %.

Al comparar el comportamiento de la incidencia de la monilia en el 2022 con el comportamiento de los años anteriores, se puede concluir que:

- En el primer semestre del 2022, la incidencia de la monilia estuvo por debajo del porcentaje histórico de los años anteriores (2012 hasta el año 2021).
- En el segundo semestre del 2022, la incidencia de la monilia estuvo por encima del porcentaje histórico de los años anteriores (2012 hasta el año 2021).
- Tanto en el 2022 como en los años anteriores, la monilia presentó sus picos más altos y más bajos en los mismos meses del año.

Por todo lo anterior, se puede concluir que:

- La monilia sigue presentándose de forma normal en la zona de influencia del Embalse Topocoro, ya que desde que se inició el monitoreo, sus picos más altos y bajos se han dado en los mismos meses del año.
- En el 2022 la incidencia de la monilia estuvo entre el 4 % y el 17 %, y en los años anteriores la incidencia estuvo entre el 4 % y 19 %, es decir, su comportamiento a lo largo de los años de estudio ha sido muy similar, por tanto, se puede decir que no se han presentado cambios para esta variable antes y después de llenado del embalse.
- El 2022 fue un año favorable para esta enfermedad, a pesar de la presencia del fenómeno de La Niña, su comportamiento a lo largo del año fue muy similar al comportamiento de los años anteriores.
- Es evidente que la monilia tiene una relación directa con el Fenómeno de «La Niña». Por ello, se hace necesario que los productores incrementen los días de control de monilia en sus cultivos.

¿Cómo se comportó la escoba de bruja?

La figura 7 presenta los resultados del comportamiento de la enfermedad escoba de bruja en las parcelas de los cultivos monitoreados en la zona de influencia del Embalse Topocoro durante el 2022, en comparación con el comportamiento presentado en los años anteriores. En la figura hay dos curvas: una en color azul, para los resultados del 2022 y otra de color gris para los resultados de los años anteriores al 2022; ambas representan el porcentaje (%) de incidencia de la enfermedad.

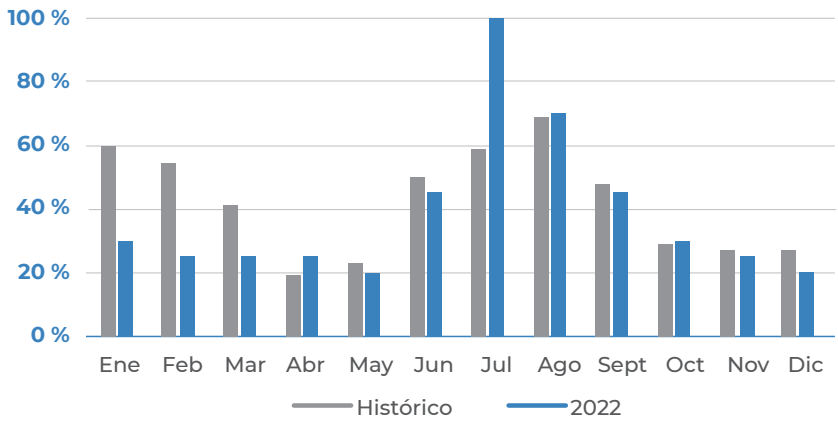


Figura 7. Comportamiento histórico anual y del 2022 de la incidencia de escoba de bruja en el cacao

Interpretación de los resultados del comportamiento de la escoba de bruja

Al analizar la figura 7 tenemos que:

- En el 2022 (barra azul), la escoba de bruja presentó una incidencia del 2 % al 31 % a lo largo de todo el año, siendo julio el mes con la incidencia más alta.
- Tanto en el 2022 (barra azul) como en los años anteriores (barra gris), la incidencia más alta de la escoba de bruja se dio en julio.

- El 2022 fue el año con la mayor incidencia de escoba de bruja registrada desde que se inició el monitoreo agronómico al cultivo de cacao.

Por todo lo anterior, se puede concluir que:

- Desde que se inició el monitoreo en el 2012, la escoba de bruja ha continuado presentando su mayor y menor incidencia en los mismos meses del año, por tanto, se puede decir que no se han presentado cambios en el comportamiento de esta variable antes y después de llenado del embalse.
- La incidencia más alta de escoba de bruja desde que se inició el monitoreo se dio en julio de 2012.

Resultados del comportamiento del monitoreo en café

El monitoreo en cultivo de café está dirigido al seguimiento de eventos fenológicos como floración, formación de frutos y marchitamiento de frutos. Así mismo se monitorea condiciones fitosanitarias relacionadas con la presencia de la enfermedad de la roya y de plagas como la broca. Para el proyecto en mención se establecieron 3 unidades de monitoreo. Las visitas de monitoreo son realizadas una vez por semana, para un total de 4 visitas por mes. Los resultados del año 2022 se presentan a continuación.

¿Cómo se comportó la producción de café en el 2022 en relación con años monitoreados?

La producción de café es dependiente del número de frutos sanos que lleguen a cosecha. Para esta investigación un fruto sano es aquel fruto formado que al momento de realizarse el conteo se encuentra libre de broca o cualquier otro daño que comprometa su calidad. La metodología implementada en esta investigación se basa en el conteo de frutos sanos en cada visita de monitoreo (semanalmente) y en el índice de producción que es realizado cuando comienza la cosecha. A continuación, se muestra el comportamiento de la variable frutos sanos a lo largo del año 2022.

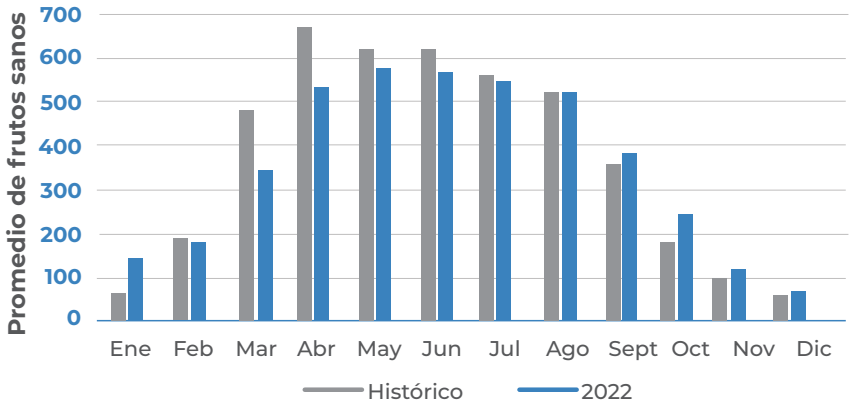


Figura 8. Comportamiento histórico anual y del 2022 de la producción de frutos en el café

Interpretación de los resultados del comportamiento de la producción de frutos sanos en café. Al analizar la figura 8, tenemos que:

- De manera general se puede observar que la curva de frutos sanos en el 2022 mantiene la misma tendencia del promedio de los años anteriores.
- De esta forma se puede apreciar que a partir de enero se da un aumento gradual de la presencia de frutos sanos que alcanza su pico más alto en los meses de abril y mayo.
- La variable frutos sanos tiende a comportarse estable hasta el mes de septiembre; posterior a ello ocurre un descenso gradual que se prolonga hasta el próximo mes de enero del siguiente año.

Por todo lo anterior, se puede concluir que:

- Los promedios mensuales de frutos sanos del 2022 son similares a los promedios mensuales de los años anteriores.
- Las condiciones climáticas de exceso de lluvias presentadas en el año 2022 poco afectaron el normal comportamiento de los frutos sanos en café.
- Se puede concluir que el embalse Topocoro no ha afectado la producción de frutos sanos en los cultivos de café establecidos en su área colindante.

Capítulo 3

Resultados del monitoreo meteorológico

¿Cómo estuvo el 2022 en cuestiones de clima?

Durante el 2022 se registró una condición particular para el comportamiento de la variable atmosférica "precipitación" en el territorio. Estas condiciones no se originaron en Santander ni en el país. La explicación se debe especialmente al fenómeno climático conocido como "La Niña", que empezó su manifestación en agosto de 2020 y se extendió durante todo el 2022 y los primeros meses del 2023.

Así es, más de dos años enteros bajo las condiciones de La Niña; pero ¿Qué es La Niña?

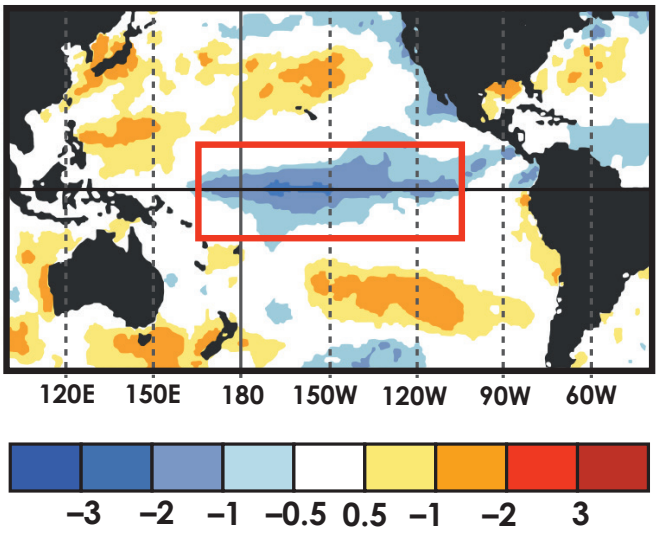


Figura 9. Enfriamiento en la temperatura de la superficie del océano Pacífico
Fuente: tomado y modificado de National Weather Service, Climate Prediction Center (s. f.).

Según la Agencia de Estudios Oceánicos y de la Atmósfera de Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés), La Niña es la fase fría de lo que conocemos como el fenómeno de El Niño. Esta ocurre debido a un enfriamiento en la temperatura de la superficie del océano Pacífico en la zona ecuatorial, la zona que se puede ver en un recuadro rojo en la figura 9. Este enfriamiento termina por afectar los patrones de precipitación en varios lugares del planeta, incluido Colombia y la Región Andina, donde se encuentra Santander. Así es, La Niña no afecta solamente las variables atmosféricas alrededor del embalse, ni de Santander, ni de Colombia, sino de una gran cantidad de países que se ubican en la zona ecuatorial.

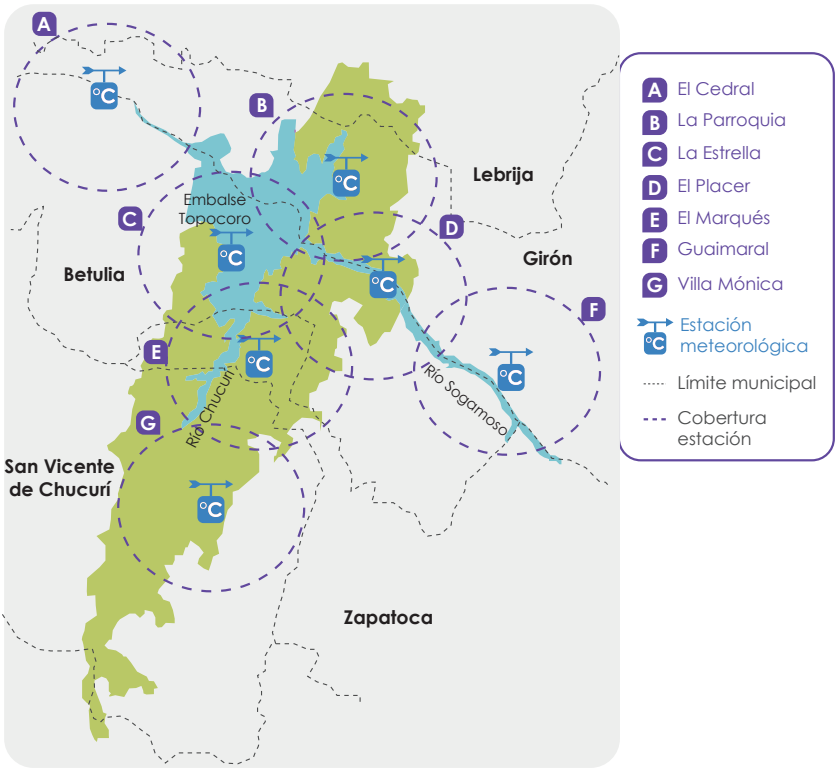
Históricamente, en la zona de Santander (Colombia) se presentan dos temporadas de mayores precipitaciones al año: la primera entre marzo, abril y mayo, y la segunda entre septiembre, octubre y noviembre. Las otras dos temporadas de menores precipitaciones en el año, se dan entre diciembre, enero y febrero, y entre junio, julio y agosto. Estas temporadas ocurren de manera tradicional, pero se ven altamente influenciadas por los fenómenos climáticos de gran escala como el mencionado evento de La Niña.

De esta manera, durante el 2022, y teniendo en cuenta el efecto de La Niña, ambas temporadas de lluvias en el país, incrementaron la cantidad y frecuencia de las precipitaciones en comparación con las de otros años con comportamientos “normales” de la precipitación.

Como era de esperarse, la influencia del fenómeno de La Niña se registró en la red de siete (7) estaciones meteorológicas instaladas alrededor del embalse Topocoro. Básicamente, la manifestación de este fenómeno se evidencia de la siguiente manera: se presenta mayor cobertura de nubosidad, impidiendo que los rayos del sol lleguen hasta la superficie terrestre y por tanto, la variable de “radiación solar” se ve influenciada por este fenómeno. De igual manera, la variable de “temperatura” disminuye debido a que el sol, fuente de energía principal, no alcanza a calentar lo suficiente el aire y la superficie terrestre.

Por otro lado, la gran nubosidad se puede convertir en lluvias, aumentando los valores de la variable precipitación. Finalmente, al tener valores más bajos de temperatura y más elevados de precipitación, se dan las condiciones para tener una humedad relativa más elevada.

Teniendo en cuenta las condiciones anteriores, veamos cómo se comportaron las variables climáticas durante el 2022 sobre el área de estudio.



Mapa 2. Estaciones climáticas. Influencia área de estudio

El Cedral

En la figura 10 se pueden ver los resultados para cada año de la precipitación en milímetros por mes (mm/mes) para la estación El Cedral. La distribución de valores para el 2022 es más elevada en comparación con los años anteriores, superado únicamente por el 2018, el cual también estuvo dominado por condiciones de La Niña en su primer semestre. Para el 2022, la mayoría de los valores sobrepasan los 300 mm/mes. Así, podemos concluir que el 2022 hubo valores elevados de precipitación directamente relacionados con la presencia del fenómeno de La Niña.

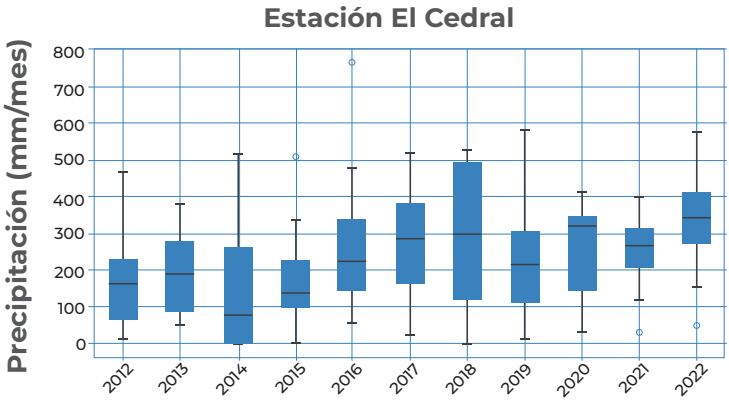


Figura 10. Estación El Cedral: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 11 se observan los valores mensuales para cada año para la variable de radiación. Se puede notar que su comportamiento en 2022 es más amplio que en los otros años; con respecto al 2021, alcanza algunos valores más elevados, pero aproximadamente un 50 % de los datos del 2022 son más pequeños que los del 2021, y en general son menores que para el resto de los años.

Este es un comportamiento esperado, pues como se explicó anteriormente las precipitaciones fueron elevadas, lo que implica una mayor nubosidad que no deja llegar la radiación a la superficie, dando como resultado el comportamiento descrito.

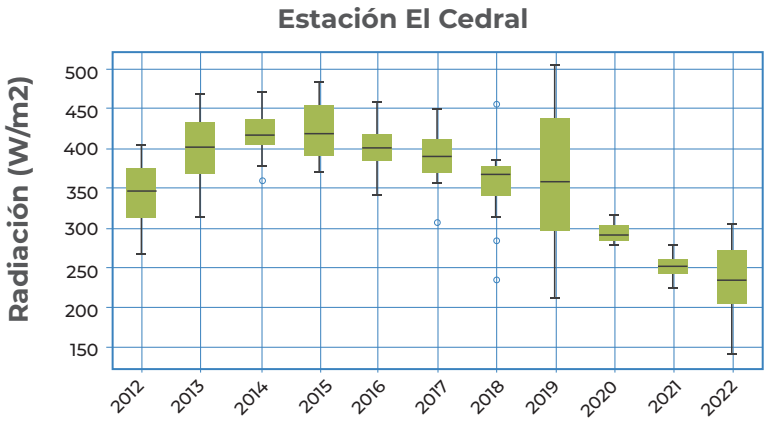


Figura 11. Estación El Cedral: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro para (diagramas de caja y bigote)

La figura 12 presenta la temperatura mensual para cada año. La distribución para el 2022 abarca un rango de valores pequeños en comparación con los otros años. Además, estos son más pequeños que los que ocurrieron en los años anteriores, lo que se explica nuevamente por la influencia del fenómeno de La Niña, donde mayores precipitaciones afectan la llegada de la radiación a la superficie y esto no permite que la temperatura se eleve.

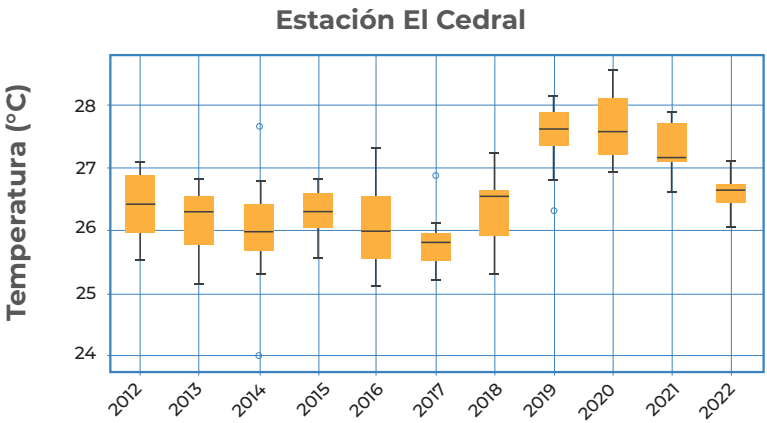


Figura 12. Estación El Cedral: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 13 se registran los valores mensuales por año para la variable humedad relativa. Como se puede observar, la distribución para el 2022 presentó los valores más elevados de manera general para todo el periodo de registro. La mayoría de los valores son más grandes que los valores más elevados ocurridos en los años anteriores. Esto se relaciona con una mayor humedad en el ambiente, debido al aumento en las precipitaciones y disminución en la temperatura. Así, esta variable también sigue el comportamiento esperado bajo la influencia de La Niña.

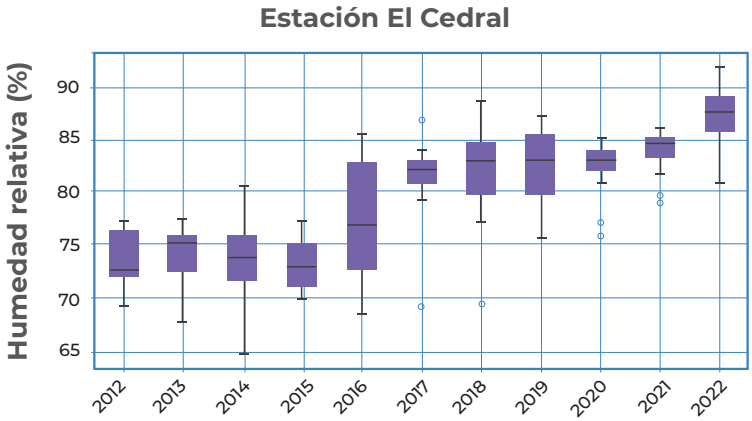


Figura 13. Estación El Cedral: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La Estrella

En la figura 14 se registra la precipitación en milímetros por mes para cada uno de los años de monitoreo en la estación La Estrella. Como se puede ver, la mayoría de los valores para la distribución del 2022 son más elevados que para el resto de los años de ejecución del programa; sólo fue superado por algunos meses en algunos de los años. La mayoría de los valores en el 2022 se encuentran sobre los 100 mm/mes, situación similar en el 2021. De esta manera podemos identificar que el 2022 fue un año bastante lluvioso.

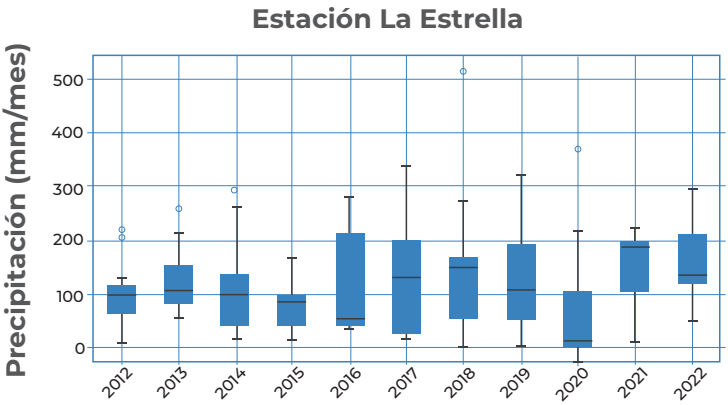


Figura 14. Estación La Estrella: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 15 se presenta la distribución de los valores mensuales de la variable radiación para cada año. Es bastante notoria la disminución para el 2022, en comparación con los años anteriores. Para este año, la mayoría de los valores se encuentran por debajo de 350 W/m² y por debajo de la mayoría de los valores para los demás años. Observando la distribución para los años 2020, 2021 y 2022, podemos notar que cada año hay valores más bajos que el anterior, lo que se podría deber a la extensión del periodo del fenómeno de La Niña a lo largo de los años mencionados.

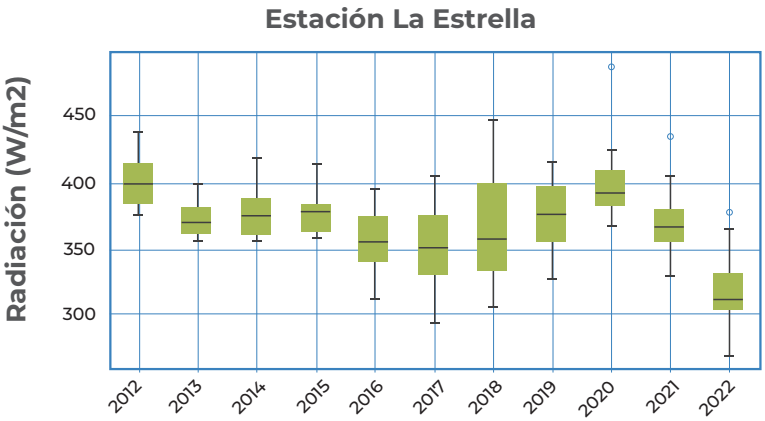


Figura 15. Estación La Estrella: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 16 registra la distribución de los valores mensuales de temperatura para cada año. En el caso del 2022, podemos notar que la mayoría de registros se encuentran por debajo de los 26 °C y son menores a los de los años anteriores. Este comportamiento es consecuente con lo mencionado para la precipitación y la radiación, con lo que el comportamiento de las variables en La Estrella es el esperado bajo condiciones del fenómeno de La Niña.

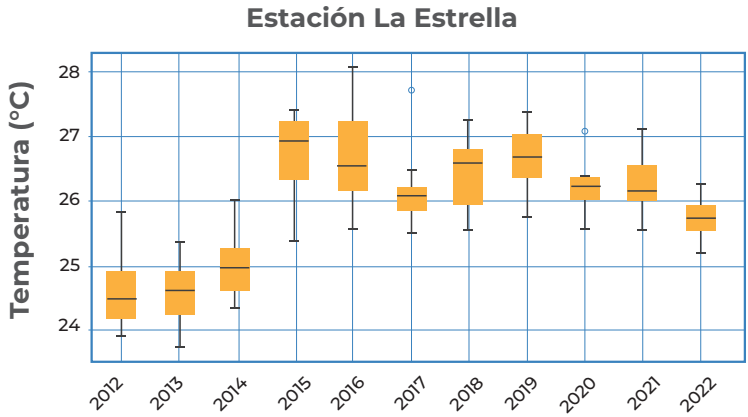


Figura 16. Estación La Estrella: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 17 muestra la distribución de los valores mensuales de humedad relativa para cada año. Los años 2021 y 2022 tuvieron los registros más elevados en todo el historial de monitoreo, siendo el 2022 el que posee los valores más elevados entre estos dos años. Particularmente, el año 2022 presentan una mayoría de los valores sobre el 80 % de humedad relativa, comportamiento que es coherente con el orden de alteraciones influenciadas por el fenómeno de La Niña.

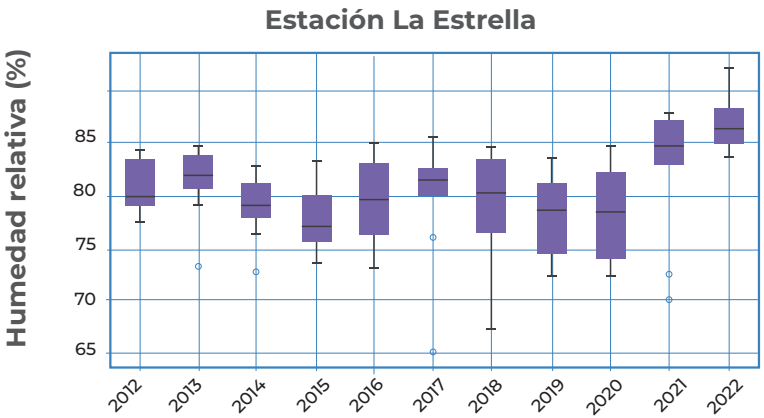


Figura 17. Estación La Estrella: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

Guaimaral

En la figura 18 se presenta la distribución de los valores de precipitación en milímetros por mes para cada año de monitoreo. En el 2022, la mayoría de los valores se encuentran entre 50 mm/mes y 130 mm/mes aproximadamente, cuando el resto de los años no superan los 100 mm/mes en la mayoría de sus registros, lo que indica que durante el 2022 se presentaron mayores precipitaciones; resultados consecuentes con la predominancia del fenómeno La Niña en el 2022.

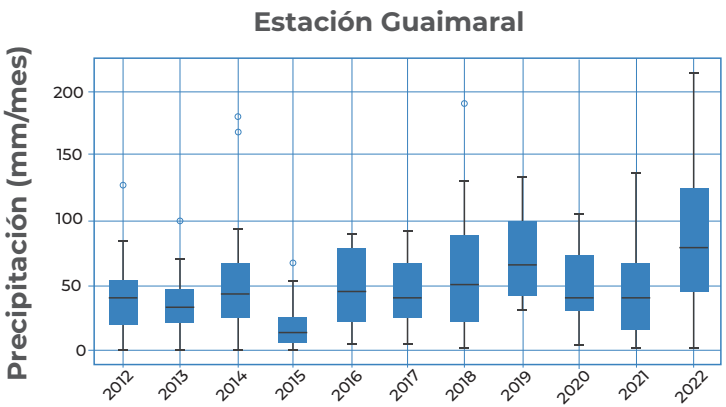


Figura 18. Estación Guaimaral: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 19 registra la distribución de los valores mensuales de radiación para cada año. Se puede observar que los valores para el 2022 son los más bajos de todos los históricos registrados, si bien la mayoría de los registros estuvieron por debajo de los 370 W/m² aproximadamente, el valor más bajo de todos los años corresponde a los 300 W/m².

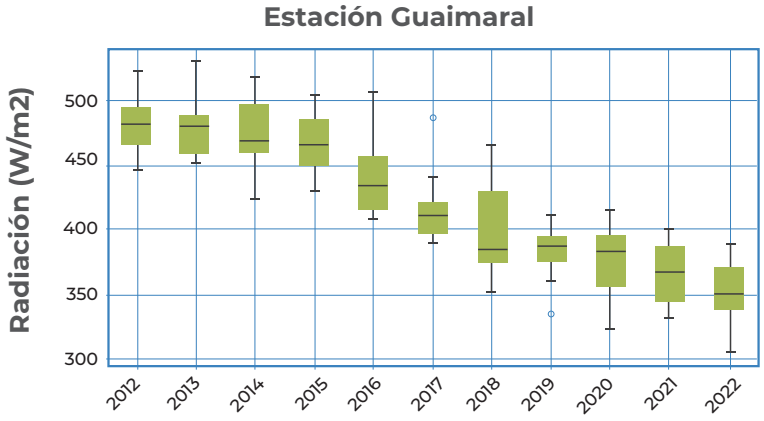


Figura 19. Estación Guaimaral: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 20 se presenta la distribución de los valores mensuales para la temperatura durante cada uno de los años de estudio. Para el 2022, podemos resaltar que los valores son más bajos en comparación de los años inmediatamente anteriores, donde la mayoría de los registros se encuentran entre 25 y 26 °C. Particularmente, el año con los valores más bajos de todos es el 2018, que estuvo influenciado por el fenómeno de La Niña a lo largo del primer semestre.

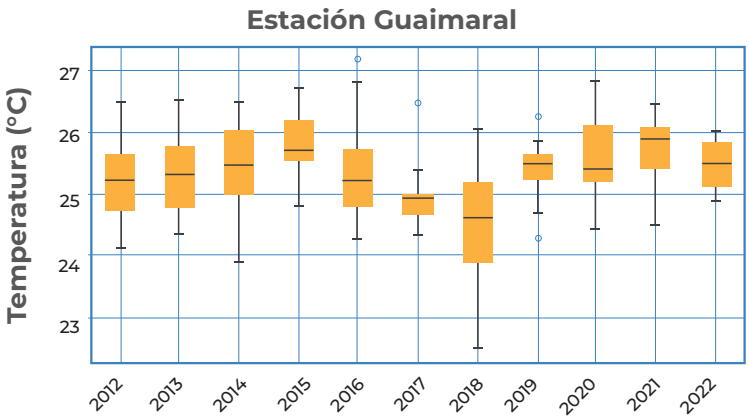


Figura 20. Estación Guaimaral: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 21 representa la distribución de los valores mensuales por año para la humedad relativa. Se puede observar que en el 2022 hay mayoría de registros con valores superiores a los valores de los otros años, estando por encima del 75 % de humedad relativa.

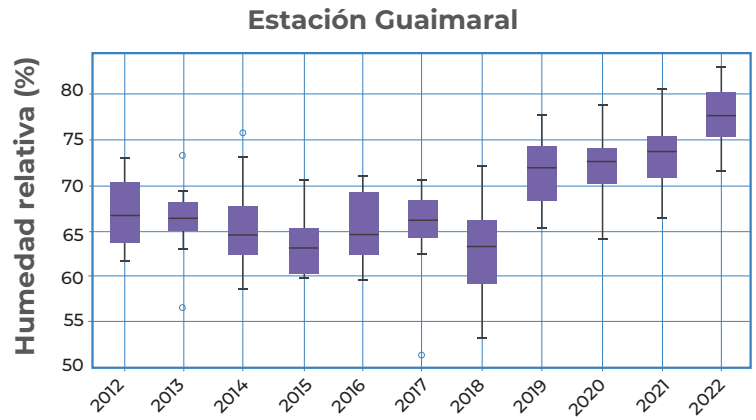


Figura 21. Estación Guaimaral: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

El Marqués

La figura 22 registra la distribución de los valores mensuales de precipitación para cada año. El 2022 tuvo valores más elevados que los años anteriores, siendo el único año con la mayor cantidad de registros sobre 100 mm/mes y hasta 200 mm/mes. Este comportamiento hace evidente el efecto e influencia que tiene el evento La Niña para el año 2022, pues ha sido uno de los años más lluviosos en todo el periodo de registro.

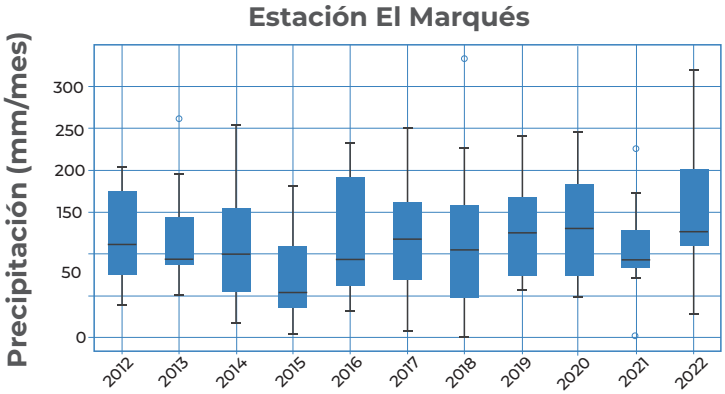


Figura 22. Estación El Marqués: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 23 podemos observar la distribución de los valores mensuales de radiación para cada año. El 2022 tuvo los valores más bajos para todos los años, porque la mayoría de sus registros estuvieron entre 300 y 350 W/m²; mientras que, en el resto de las estaciones, la mayoría de los registros estuvieron sobre los 350 W/m². Este comportamiento es coherente con el orden de afectaciones esperado y con el comportamiento descrito para las precipitaciones bajo la influencia del fenómeno de La Niña.

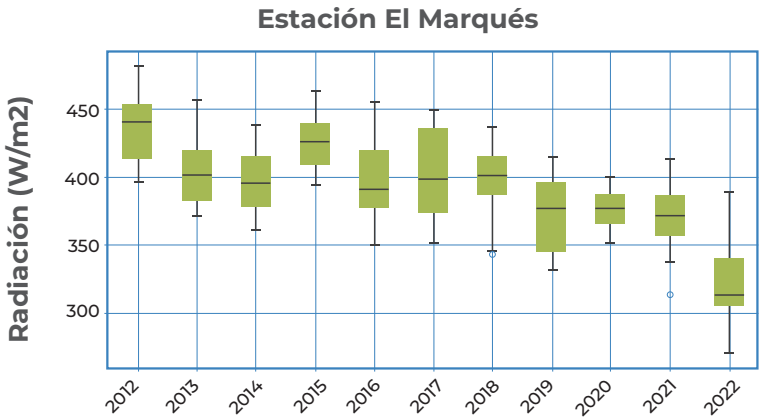


Figura 23. Estación El Marqués: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 24 muestra la distribución de los valores mensuales de temperatura para cada año. La mayoría de los registros del 2022 abarcó un rango de valores más grande en comparación con los años anteriores; a pesar de obtenerse algunos registros más elevados que los del 2021, los registros más bajos del 2022 son igualmente los más bajos registrados en todos los años anteriores de monitoreo. Este comportamiento se relaciona con lo observado para la precipitación y radiación, y es coherente con el orden de alteraciones esperadas para el evento de La Niña.

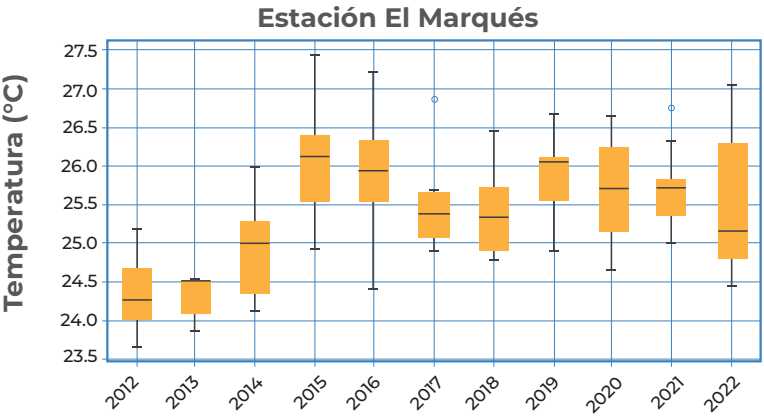


Figura 24. Estación El Marqués: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La distribución de los valores mensuales de humedad relativa para cada año se presentan en la figura 25. El 2022 presentó los registros más elevados de todos, seguido por el 2013, ambos con la mayoría de los valores por encima del 80 %. Particularmente, el 2022 alcanzó valores hasta del 85 % de humedad relativa. Esto lo ubica como el año con mayores valores de esta variable para el periodo de registro. El comportamiento es coherente con la influencia del fenómeno de La Niña.

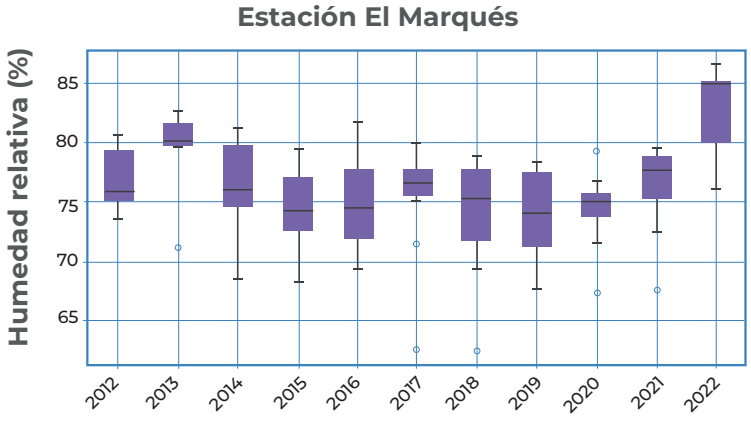


Figura 25. Estación El Marqués: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

Villa Mónica

En la figura 26 se presenta la distribución de valores mensuales para la precipitación de cada uno de los años de estudio. Podemos observar que, en el 2022, una mayoría de los valores fueron similares a los del 2021, pero ligeramente más bajos. Las precipitaciones del 2022 estuvieron elevadas, a pesar de no ser el año con los registros más altos, que fue el 2018.

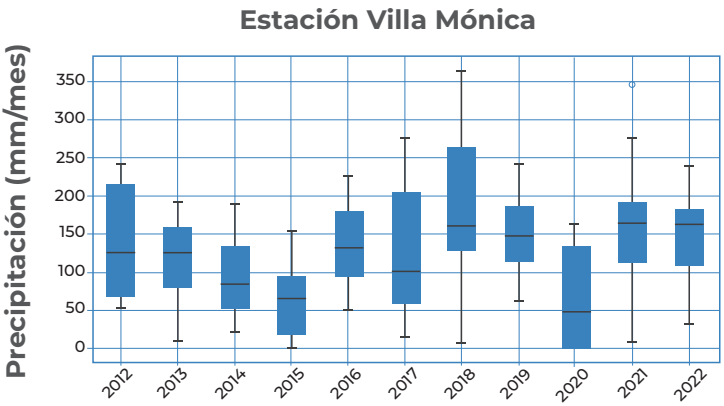


Figura 26. Estación Villa Mónica: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 27 registra la distribución de los valores para la radiación en cada año del registro. Podemos notar que para 2021 y 2022 hubo una disminución en la mayoría de los registros con respecto a los años anteriores, lo que indica consecuencia con el evento La Niña. Particularmente, los valores para el 2022 son los más bajos de todos los registrados en el período de monitoreo.

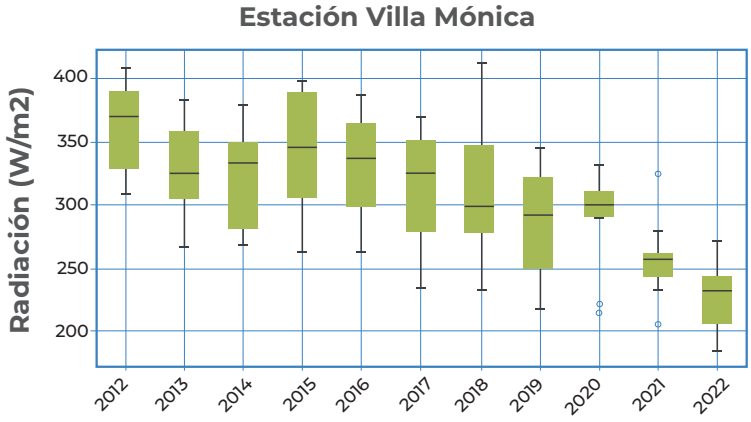


Figura 27. Estación Villa Mónica: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 28 se presenta la distribución de registros mensuales de temperatura para cada uno de los años. Se identifica que el 2012 es el año con la mayoría de los valores más bajos en todo el periodo de registro. Ello indica un posible impacto relacionado con el comportamiento descrito de la precipitación y la radiación.

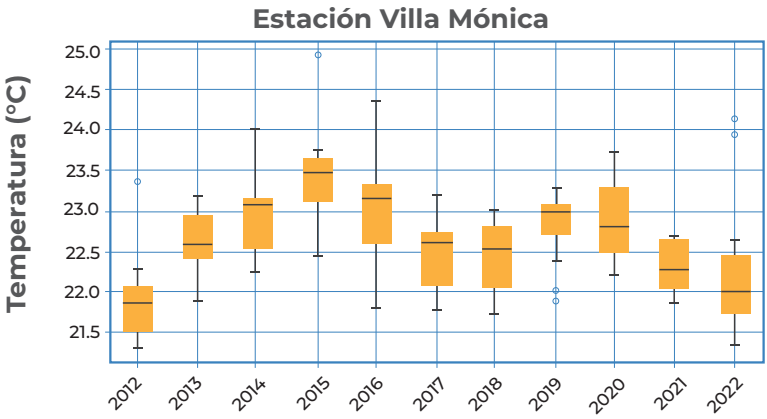


Figura 28. Estación Villa Mónica: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 29 registra la distribución de los valores mensuales de humedad relativa para cada año. A pesar de que los registros para el 2022 no son los más elevados, sí se identifica como uno de los años con una cantidad importante de registros elevados entre el 82,5 % y el 85 % aproximadamente.

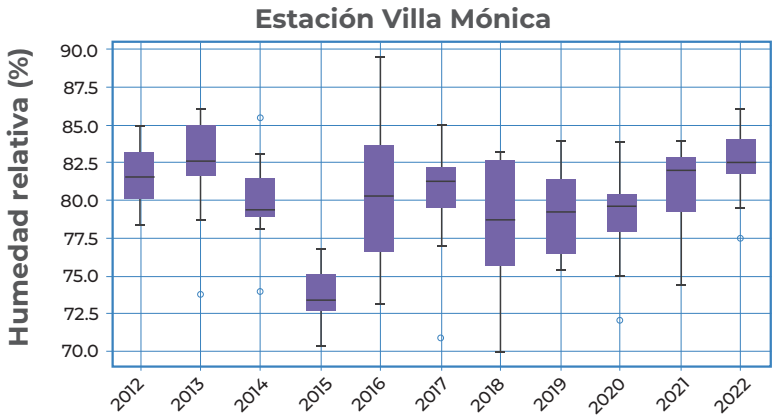


Figura 29. Estación Villa Mónica: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La Parroquia

La distribución de los valores mensuales de precipitación para cada año está en la figura 30. El 2022 tuvo la mayoría de los registros en valores sobre 150 mm/mes, llegando hasta 250 mm/mes aproximadamente, haciendo que sea uno de los años con los registros más elevados de precipitación en esta estación. Este comportamiento permite identificar el impacto de La Niña para el 2022.

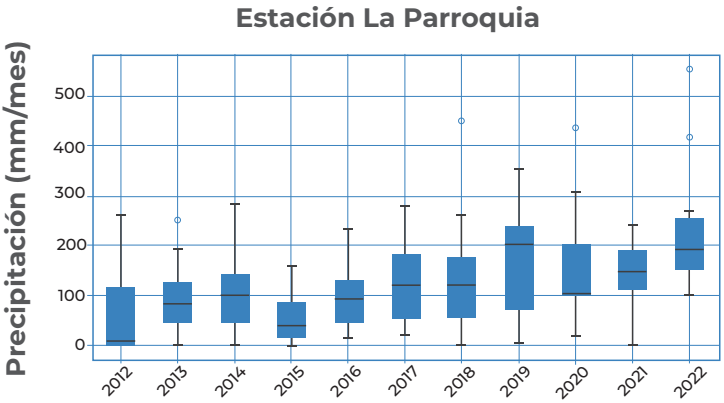


Figura 30. Estación La Parroquia: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 31 podemos observar la distribución de los valores mensuales para la radiación en cada año del periodo de registro. El 2022 se caracterizó por ser el año con los registros más bajos de radiación en comparación con los años anteriores, con la mayoría de los registros por debajo de 340 W/m² aproximadamente. Este comportamiento es indicativo de lo descrito anteriormente para la precipitación y que es coherente con la influencia que el fenómeno de La Niña sobre la región de estudio.

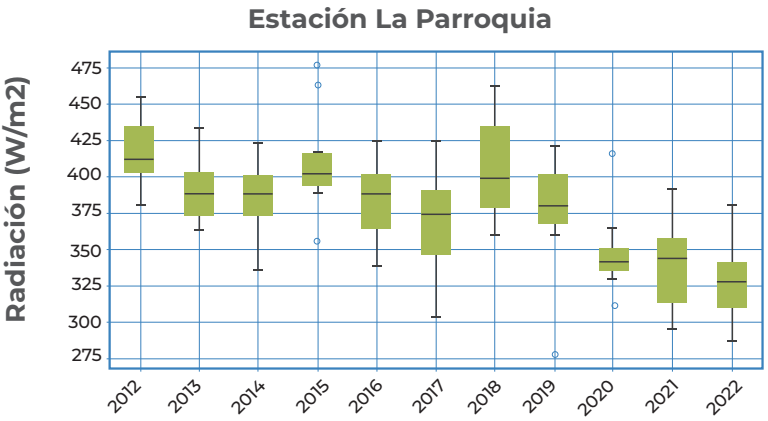


Figura 31. Estación La Parroquia: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 32 muestra la distribución de valores mensuales para cada año de la temperatura. En el 2022 se presentó una mayoría de valores bajos en comparación de los años anteriores. Particularmente, al comparar 2022 con el 2021, podemos notar pequeñas diferencias ya que los valores más bajos para el 2022 están entre 25 y 25,5 °C, mientras que los valores del 2021 sobrepasan los 26 °C. Este comportamiento es consecuente con lo descrito anteriormente para la precipitación y la radiación incidente.

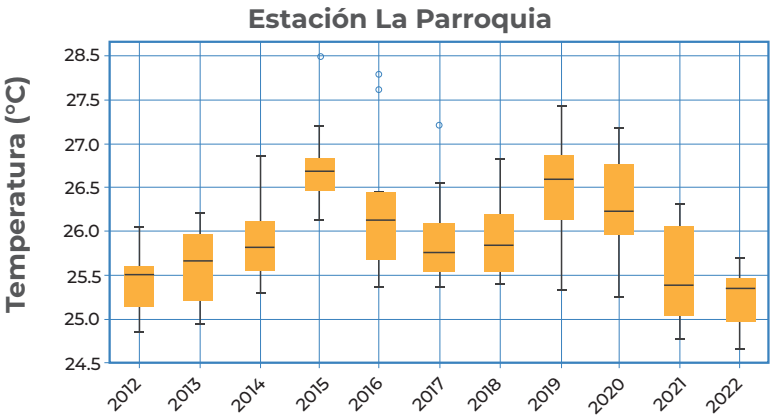


Figura 32. Estación La Parroquia: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 33 registra la distribución de los valores mensuales para cada año de humedad relativa. Los años 2020 y 2022 tuvieron los valores más elevados en la mayoría de sus registros. Particularmente, el 2022 tuvo la mayor parte de sus registros sobre el 85 %, siendo el año con los valores más elevados de todos los años de monitoreo. Al comparar con el 2021, los valores más elevados en ese año son similares a los más bajos para el 2022. Este comportamiento es coherente con la influencia esperada por el fenómeno La Niña.

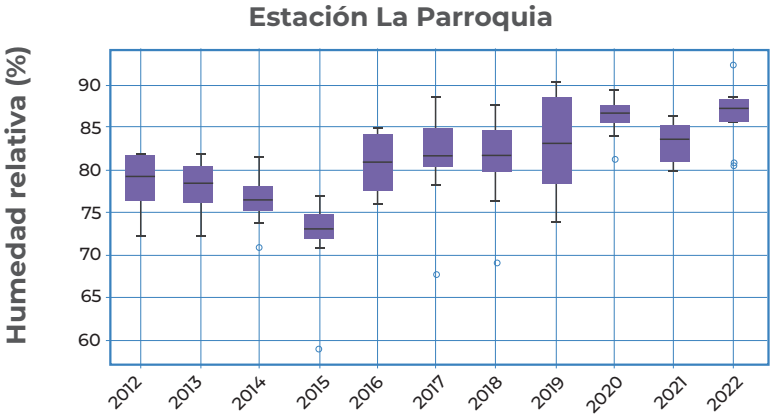


Figura 33. Estación La Parroquia: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

El Placer

La figura 34 muestra la distribución de valores mensuales para precipitación. Podemos identificar que la mayoría de los valores para el 2022 son los más elevados en comparación con los años anteriores de monitoreo. Buena parte de los registros se encuentran entre 90 y 160 mm/mes aproximadamente; mientras que, para el resto de los años, la mayoría de los registros no superan los 120 mm/mes aproximadamente. Con esto se puede indicar que el 2022 fue un año bastante lluvioso y que este comportamiento está influenciado por la presencia del fenómeno de La Niña.

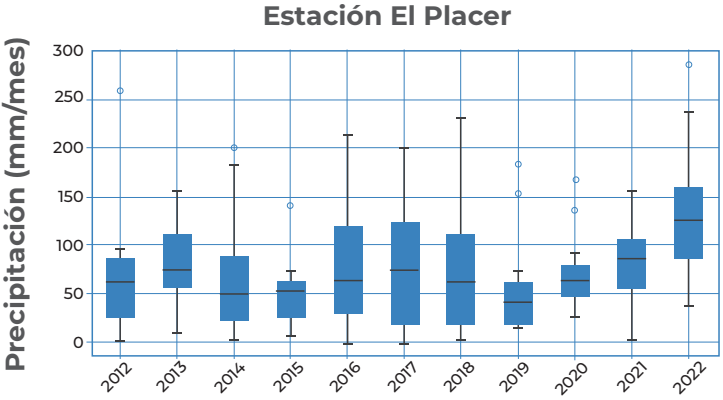


Figura 34. Estación El Placer: variable precipitación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

En la figura 35 se presenta la distribución mensual de valores de radiación para cada año. Inicialmente, podemos observar que el valor más bajo de todos ocurrió en el 2018. Para el 2022, la mayoría de los registros son más bajos que en los años anteriores (excluyendo el dato más bajo que ocurre en el 2018). La mayoría de los registros para el 2022 se encuentran entre 290 y 315 W/m² aproximadamente. Este comportamiento de descenso en la radiación los podemos relacionar con el comportamiento de aumento en la precipitación, como se comentó para las alteraciones causadas por la influencia del fenómeno de La Niña.

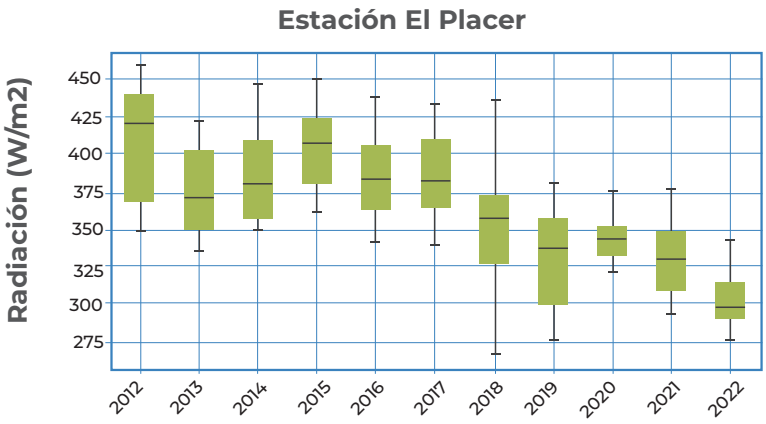


Figura 35. Estación El Placer: variable radiación. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La figura 36 registra la distribución mensual para cada año de los valores de temperatura. Para el 2022 la distribución de valores es más baja que en los años anteriores, además, en un rango más pequeño, representado por valores entre 22 y 22,5 °C aproximadamente. El 2022 no es el año con los valores más bajos en todo el periodo de registro, sin embargo, sí se presenta una disminución coherente con el comportamiento descrito para precipitación y radiación a causa del fenómeno de La Niña.

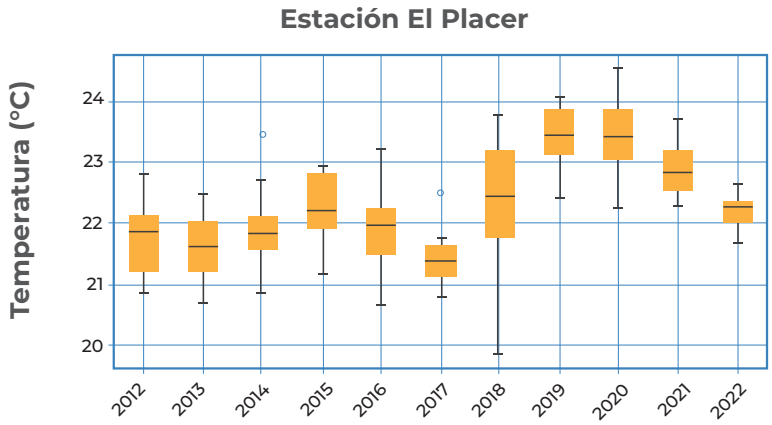


Figura 36. Estación El Placer: variable temperatura. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

La distribución de los valores mensuales de humedad relativa para cada año se encuentra en la figura 37. De allí se puede identificar que en el 2022 los valores son más elevados en comparación con los años anteriores, siendo los valores más elevados para todo el periodo de registro. Durante el 2022, la mayoría de los registros se encuentran entre el 85 % y el 90 % de humedad relativa. Este comportamiento se explica por el aumento en precipitaciones y la disminución en temperatura que fue descrito anteriormente, y es coherente con el orden de alteraciones ocasionadas por la presencia del fenómeno de La Niña.

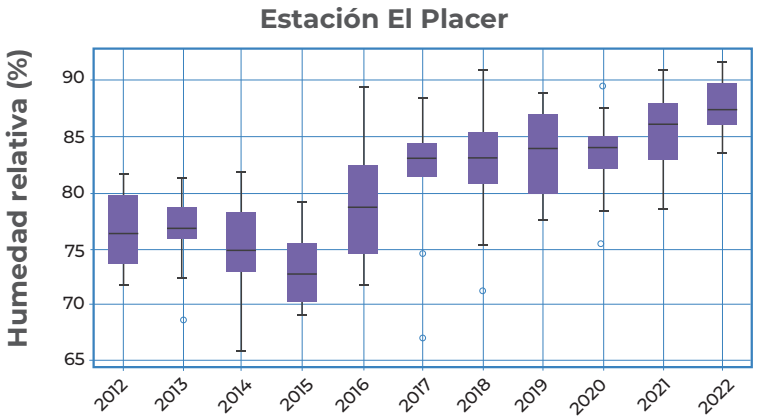
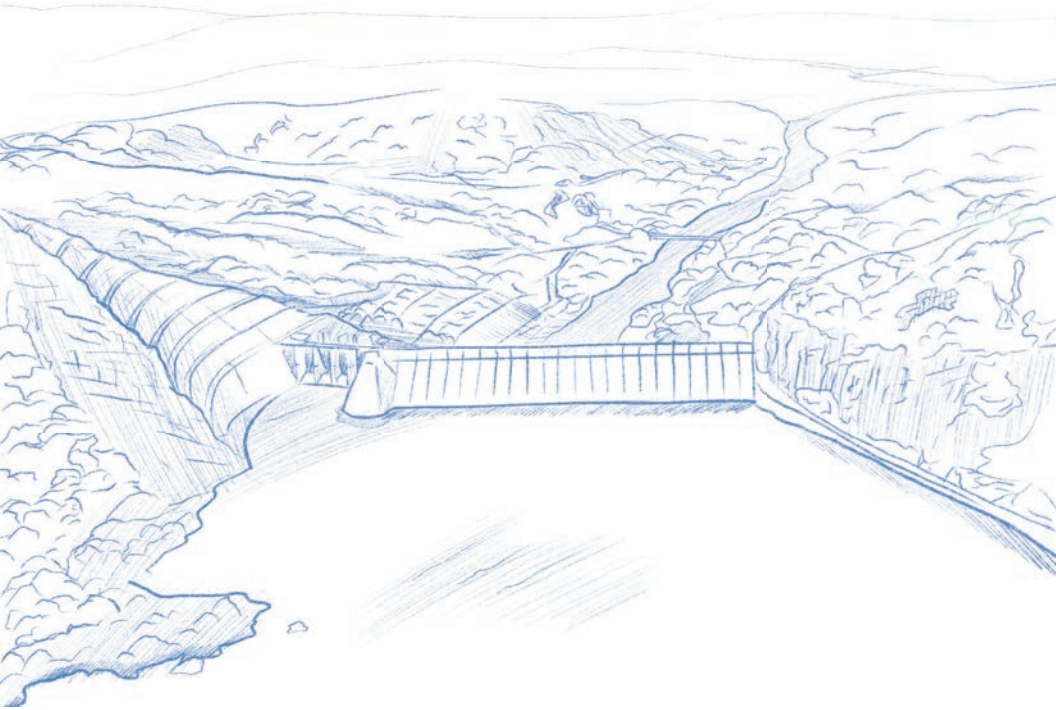


Figura 37. Estación El Placer: variable humedad relativa. Distribución mensual para cada año del periodo de registro (diagramas de caja y bigote)

Conclusiones

- En el 2022, el comportamiento identificado y descrito para las variables del clima registradas es el resultado de la fuerte influencia que tiene el fenómeno de gran escala: La Niña. De las cuales se destacan:
    - Aumento de la precipitación y la humedad relativa en casi todas las estaciones de monitoreo, en comparación con los demás años de monitoreo.
    - Disminución de la radiación y la temperatura en casi todas las estaciones con respecto a los demás años de monitoreo.
- Se identificó un buen funcionamiento de la red de monitoreo, al poder establecer una relación coherente entre las variables meteorológicas medidas.
- En el 2022, el comportamiento identificado y descrito para las variables agronómicas es coherente con los registros históricos de proyecto de monitoreo. De las cuales se destaca:
    - Para el cultivo de cacao, el comportamiento de las mazorcas sanas y los meses con los mayores picos de producción se mantienen en el tiempo, es decir, no se han presentado cambios para estas variables antes y después del llenado del embalse.
    - Las enfermedades monilia, fitóftora y escoba de bruja siguen presentándose de forma habitual en la zona de influencia del Embalse Topocoro, ya que sus picos más altos y bajos siguen un comportamiento consecuente en los registros históricos desde que se inició el monitoreo, en consecuencia, no se han presentado cambios para estas variables antes y después del llenado del embalse.

Referencias

- Alea García, A. y Jaula Botet, J. A. (2006). La percepción ambiental en estudiantes de la Universidad de Pinar del Río. *Innovación Educativa, 6*(34), 39-45. https://www.redalyc.org/pdf/1794/179421187004.pdf
- Aprendiendodepsico. (2015, 22 de septiembre). *Los procesos cognitivos: Percepción.* https://aprendiendodepsico.wordpress.com/2015/09/22/los-procesos-cognitivos-percepcion/
- Fernández Moreno, Y. (2008). ¿Por qué estudiar las percepciones ambientales? Una revisión de la literatura mexicana con énfasis en las áreas naturales protegidas. *Espiral. Estudios sobre Estado y Sociedad, 15*(43), 179-202. https://www.scielo.org.mx/pdf/espiral/v15n43/v15n43a6.pdf
- Flores, R. C. y Herrera Reyes, L. (2010). Estudio sobre las percepciones y la educación ambiental. *Tiempo de Educar, 11*(22), 227-249. https://www.redalyc.org/pdf/311/31121072004.pdf
- Lugo, M. D. (2022, 31 de marzo). Tipos de percepción en psicología. *Psicologia-Online*. https://www.psicologia-online.com/tipos-de-percepcion-en-psicologia-6287.html
- National Weather Service, Climate Prediction Center. (s. f.). *El Niño and La Niña ocean temperature patterns.* https://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/ensocycle.shtml
- Oviedo, G. L. (2004). La definición del concepto de percepción en psicología con base en la teoría Gestalt. *Revista de Estudios Sociales,* (18), 89-96. http://www.scielo.org.co/pdf/res/n18/n18a10.pdf
- Prados, J. P. (2016, 24 de abril). Leyes de la Gestalt: Cómo el cerebro domina nuestra percepción. *Laprestampa*. https://laprestampa.com/el-proceso-grafico/diseno/principios-del-diseno/leyes-de-la-gestalt-en-percepcion/