PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
INGENIERÍA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

"ESTIMACIÓN DEL ESTRÉS HÍDRICO DE UN CULTIVO DE CACAO MEDIANTE EL USO DE LA TERMOGRAFÍA EN EL SITIO LA LÓPEZ DE MOSQUITO DEL CANTÓN CHONE."

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
"GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES"

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN
HIDROLOGÍA

PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR
MARCOS ENRIQUE ZAMBRANO ZAMBRANO

TUTOR
ING. JESÚS CHAVARRÍA, M.Sc.

PORTOVIEJO, ENERO 2025

Certificación de la Tesis

Ing. Jesús Chavarría, M.Sc.

Tutor del plan de investigación curricular

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga M.Sc.

C.I.:130827219-2

Aprobación del tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga M.Sc.

C.I.:130827219-2

Primer lector

(F)_____

Ing. María Tatiana Ordoñez Zambrano.

C.I.: 1311981979

Segundo Lector

(F)_____

Ing. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño M.Sc.

C.I.:130659765-7

Tercer Lector

Declaración de originalidad

Portoviejo, 28 de enero de 2025

El presente trabajo de titulación no contiene ningún tipo de material que haya sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citado en esta investigación. Este trabajo es de total responsabilidad del autor por lo que declaro bajo juramento que ninguna sección de esta investigación infringe los derechos de autor de nadie.

F._____

Zambrano Marcos Enrique
1313894980
Dirección: Chone, Ciudadela Colamarco
E-mail: mzambrano4980@pucesm.edu.ec
Celular: 0984125695

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

Declaración de Derecho del autor

Yo, Marcos Enrique Zambrano Zambrano, C.I 1313894980, autor del trabajo de graduación titulado estimación del estrés hídrico de un cultivo de cacao mediante el uso de la termografía en el sitio la López de mosquito del cantón chone, previo a la obtención del grado académico de Ingeniero Hidráulico de la carrera de Ingeniería Hidráulica.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2. Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de Universalidad.

Fecha: 28 de enero de 2025

F._____

Zambrano Marcos Enrique
Dirección: Chone, Ciudadela Colamarco
E-mail: mzambrano4980@pucesm.edu.ec
Celular: 0984125695

Dedicatoria y Agradecimiento

Agradecer a Dios por ser mi fuente y guía infinita y por permíteme cumplir una meta más en mi vida.

A mis padres, quienes, con su amor, sacrificio y apoyo incondicional me acompañaron a lo largo de este trayecto y en toda mi vida. Gracias a su ejemplo, esfuerzo, valores y dedicación que me ayudaron a seguir adelante. Gracias por ser mi pilar fundamental.

A mi novia Anays, por su amor, paciencia y comprensión, agradecerle por estar a mi lado, gracias a su apoyo inquebrantable y por lograr creer en mi incluso en momentos de duda. Su presencia me dio fuerzas y me motivo a seguir en cada etapa de este proceso.

A mis hermanos Lorena, Katiusca y Nevin, que a lo largo de este camino se convirtieron en ese pilar fundamental para poder lograr esta meta.

Con mucha gratitud y cariño, les dedico este logro a las personas que siempre han sido mi mayor respaldo e inspiración.

Resumen

En estudio cuantitativo se evaluó el estrés hídrico de una plantación de cacao en el sitio La López ubicado en la ciudad de chone. Se realizó en un periodo de 40 días entre los meses de agosto y septiembre del 2023, para dicho estudio descriptivo se realizó la toma de 120 imágenes termográficas al medio día usando una cámara termográfica FLIR C3-X y un dron Potensic D85 GPS, para su posterior análisis. Así mismo, se lograron establecer tres puntos en la zona de estudio, colocando un termómetro ambiental y utilizando información meteorológica de la estación M0162 ubicada en Chone-Universidad Católica, para monitorear y comparar la temperatura ambiental (28.10 °C – 35.60 °C) con la temperatura del cultivo (29.3 °C – 49.8°C) del periodo que se llevó a cabo la investigación. En los resultados que se obtuvieron nos indican que el cultivo de cacao presentó estrés hídrico en los tres puntos que se localizaron, para el punto número uno hubo 16 días en los cuales existió un buen manejo del riego, mientras que los puntos dos y tres nos dan a notar que el cultivo se encuentra en estrés hídrico la mayor parte del tiempo, esto debido a que la temperatura del cultivo comparada con la ambiental es 4 °C mayor. Se llega a la conclusión que realizar la programación de riego es fundamental para llegar a un buen desarrollo y producción buena del cultivo, lo cual ayuda a que el factor agua sea utilizado de mejor manera, así evitando su desperdicio.

Palabras clave: Imágenes termográficas, cultivo, temperatura

Abstract

A quantitative study was conducted to assess the water stress in a cocoa plantation located in La López, Chone. The study was carried out over a 40-day period between August and September 2023. One hundred and twenty thermal images were captured at midday using a FLIR C3-X thermal camera and a Potensic D85 GPS drone for subsequent analysis. Additionally, three points were established in the study area, where an ambient thermometer was placed, and meteorological data from the M0162 station located in Chone-Catholic University was used to monitor and compare the ambient temperature (28.10°C - 35.60°C) with the crop temperature (29.3°C - 49.8°C) during the study period. The results obtained indicate that the cocoa crop experienced water stress at all three points. At point one, there were 16 days with good irrigation management, while at points two and three, the crop showed water stress most of the time, due to a 4°C higher crop temperature compared to the ambient temperature. It is concluded that implementing an irrigation schedule is fundamental for achieving good crop development and production, which helps to optimize water use and avoid waste.

Keywords: Thermal imaging, crop, temperature

Índice

Certificación de la Tesis ii
Aprobación del tribunal iii
Declaración de originalidad iv
Declaración de Derecho del autor v
Dedicatoria y Agradecimiento vi
Resumen vii
Abstract viii
INTRODUCCIÓN 10
Objetivos. 13
Objetivo general. 13
Objetivos específicos. 13
Metodología 13
Tipo de Investigación 13
Características de la Zona 13
Ubicación Geográfica 14
Condiciones Climatológicas 14
Características del área experimental 17
Cultivo de cacao 17
Métodos empleados 17
Variables consideradas en la investigación. 17
Termografía con dron 17
Método Cuantitativo 17
Procedimiento para estimar el estrés hídrico del cultivo 18
Discusión 62
Conclusiones 64
Bibliografía 65
ANEXOS 68

Introducción

El agua desempeña un papel fundamental en el ciclo de vida de las plantas y ejerce una influencia crucial en su desarrollo y rendimiento. La escasez de agua representa una preocupación extendida que se intensifica a lo largo de las condiciones de climas áridos y semiáridos. La limitada disponibilidad de agua en el suelo puede desencadenar un desequilibrio entre la transpiración, que supera la cantidad de agua absorbida por las raíces, fenómeno conocido como estrés hídrico. En la actualidad, el indicador más empleado para cuantificar esta condición es el potencial hídrico. Tanto la intensidad como la duración del estrés hídrico inciden de manera significativa en los efectos observados y en la capacidad intrínseca de las plantas para afrontarlo. La magnitud y el tiempo que perdura el estrés hídrico son factores que inciden en los resultados observados y en la habilidad de las plantas para enfrentarlo (Gonzáles *et al.* 2021).

La escasez de agua es un problema que se encuentra en todos los rincones del mundo, este es un bien escaso y preciado, Es indispensable que la planta se desarrolle de manera normal durante cada una de sus etapas. Al haber poca agua disponible en el suelo que estas puedan absorber o tomar mediante sus raíces, ocasiona que su transpiración sea superior al agua que absorben, lo que se denomina como estrés hídrico, siendo este la causa principal de muertes en las plantas. El poco desarrollo o la reducción de tamaño en tallo, raíces, área foliar, peso foliar específico y biomasa de la planta, son algunos de los efectos adversos provocados por el estrés hídrico (Luna *et al.* 2012).

La escasez de agua representa una preocupación extendida que se intensifica a lo largo de las condiciones de climas áridos y semiáridos. Según el informe emitido por la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), se proyecta un aumento del 30 % en la población mundial para el año 2050, lo que hace imperiosa la necesidad de incrementar en un 60 % la producción agrícola para garantizar la creciente demanda de alimentos y establecer un nivel básico de seguridad alimentaria. Este aumento en la producción agrícola estará impactado por las consecuencias adversas del cambio climático (aumento de las

temperaturas, la disminución de los niveles de precipitante y de los recursos hídricos disponibles) (Flores *et al.* 2012).

El procedimiento conocido como Índice de Estrés Hídrico del Cultivo (CWSI, siglas en inglés) representa una medida de la transpiración que tiene lugar en una planta durante un período específico, lograda mediante el registro tanto de la temperatura de la planta como del déficit de presión de vapor del agua. Esta metodología adquiere importancia sustancial para el óptimo diseño de la programación de riego en contextos de cultivo al aire libre. La evaluación del estrés hídrico en los cultivos, combinada con sistemas de riego eficientes, posibilita la optimización del rendimiento al facilitar una gestión racional del riego (López *et al.* 2009).

Según Villar *et al.* (2021) el estrés hídrico en los cultivos se produce cuando la necesidad de agua supera la cantidad disponible durante un período de tiempo específico, siendo evaluado a través de la tasa de transpiración de la planta. Este tipo de estrés engloba tanto la falta de agua debido a sequías como el impacto de la salinidad en su componente osmótico. Un aspecto fundamental es que el estrés hídrico conduce a una disminución en la actividad fotosintética de la planta, lo que a su vez provoca el cierre de las estomas, por lo que la evaporación y el consiguiente enfriamiento se ven reducidos. Como consecuencia de estos efectos, se observa un aumento en la temperatura de las hojas.

Para este trabajo de titulación la información recopilada fue escasa, sin embargo, Vargas *et al.* (2020) nos demuestran que este estudio nos adentra en el campo de la termografía aplicada a los cultivos de fresas, presentando una evaluación detallada del estrés hídrico experimentado por estas plantas. A través del uso de imágenes termográficas, se ha logrado capturar y analizar de manera eficiente los niveles de estrés hídrico presentes en dos variedades de fresas manifestándose a través de la pérdida de frutos o las alteraciones de su forma. En resumen, se puede concluir que la utilización de imágenes termográficas para medir el estrés hídrico se revela como una herramienta altamente eficaz y beneficiosa en la identificación de dicha problemática.

A partir de las investigaciones que han sido realizadas a cabo en el marco de nuestra área de estudio para la tesis de titulación, se ha llegado a la firme conclusión de que diversos factores pueden potencialmente dar lugar a desviaciones o incertidumbres al emplear la técnica de termografía. Es por esto que Flores & Hongn, (2012) nos transmiten la idea que, en consecuencia, la emisividad de una superficie pintada en particular no está determinada por las propiedades del material subyacente, sino que se convierte en una característica intrínseca del recubrimiento aplicado. Vale la pena destacar que la emisividad se encuentra definida en el marco de un rango específico de longitudes de onda de interés. En la mayoría de los casos, los materiales de construcción exhiben una emisividad en el espectro infrarrojo que supera el umbral de 0,8. Sin embargo, es relevante hacer mención de la existencia de ciertas excepciones, como los metales y algunos materiales de acabado brillante que presentan una emisividad baja, lo cual puede influir en las mediciones termográficas.

Una mejora que puede implementarse en la captura de imágenes termográficas en cultivos radica en la elección del tipo de cámara utilizada. En este sentido, Hernández (2020), en su trabajo de investigación de grado, señala que las cámaras refrigeradas presentan una serie de atributos que las diferencian de los sensores no refrigerados. Los dispositivos refrigerados tienen la capacidad de reducir la temperatura de los sensores encargados de generar las imágenes, tal como sugiere su nombre, al contar con sistemas de enfriamiento de baja temperatura. Este enfoque tiene el potencial de minimizar la desviación térmica que puede surgir, lo que a su vez facilita una mayor precisión en la toma de medidas termográficas.

Objetivos.

Objetivo general.

Estimar el estrés hídrico de un cultivo de cacao mediante la termografía en el sitio mosquito del cantón Chone.

Objetivos específicos.

- Evaluar la temperatura diaria a la que se encuentra el cultivo, considerado el clima y la temperatura máxima al medio día.
- Determinar el comportamiento térmico del cultivo, por medio de imágenes termográficas, para alcanzar el estado del cultivo.
- Realizar una programación de riego para el cultivo de cacao, considerando que el estrés hídrico que padece el cultivo se atribuye al uso de técnica de riego empíricas.

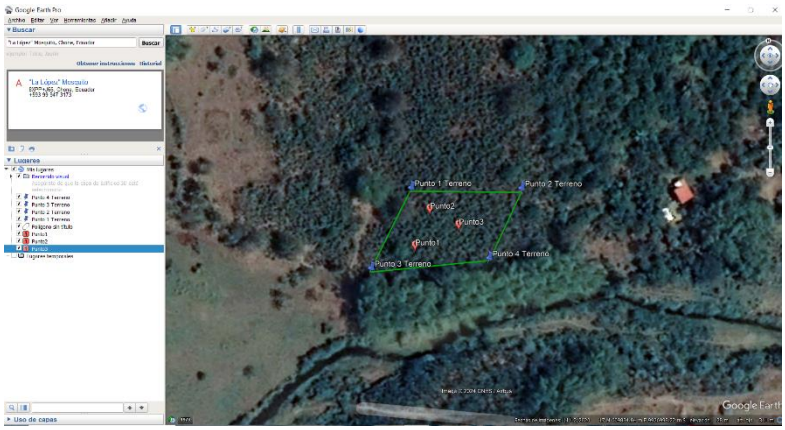
Metodología

Tipo de Investigación

Para este proyecto de investigación se tuvo un enfoque analítico y descriptivo, esto debido a que se describe un fenómeno que sucede en el cultivo, también conocido como, estrés hídrico, también, se describen las condiciones de manejo hídrico del cultivo.

Características de la Zona

La zona que se escogió para realizar esta investigación fue el Sitio La López del cantón Chone, en la provincia de Manabí.



Fuente: (GOOGLE EARTH, 2023)

Ubicación Geográfica

- Datum: WGS 1984 UTM zona 17 Sur.
- Coordenadas Este (X): 609934.95.
- Coordenadas Norte (Y): 9926961.05.

Condiciones Climatológicas

En nuestro país nos encontramos con condiciones climatológicas que son el resultado de un sin número de elementos que cambian su estado natural. En estos factores se pueden incluir la latitud geográfica, la altitud del suelo, la dirección de las cadenas montañosas, la proximidad del océano, así mismo lo que son los patrones de viento y las corrientes marinas (Portilla, 2018).

En el proceso de esta investigación fueron de gran importancia los datos meteorológicos para los meses de agosto y septiembre de 2023 tomados de la estación M0162, ubicada en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, Campus Chone.

Tabla 1

Localización de la estación meteorológica M0162, Chone-U. Católica.

CÓDIGO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD (msnm)
M0162	CHONE-U. CATÓLICA	-0.66414	-80.0365	36

Fuente: INAMHI, 2015.

Tabla 2

Datos meteorológicos de la estación M0162 para el mes de agosto

AGOSTO						
FECHA	**PP (mm)**	**TEMP. MAX**	**TEMP. MIN**	**HR (%)**	**Vv (m/s)**	**Insolación (h)**
01-ago-23	0,00	30,2	21,2	86	3,88	1,2
02-ago-23	2,20	31,8	22,0	88	4,25	3,5
03-ago-23	2,40	33,0	30,0	87	4,36	5,5
04-ago-23	3,80	30,0	22,0	86	2,28	1,0
05-ago-23	0,00	29,0	21,4	87	3,56	1,5
06-ago-23	6,80	30,0	22,0	88	2,69	0,0
07-ago-23	39,5	30,0	22,0	89	4,61	5,2
08-ago-23	3,40	31,4	22,0	81	4,08	1,1
09-ago-23	0,50	31,2	22,0	86	3,36	2,8
10-ago-23	5,50	30,0	22,0	89	2,47	1,0
11-ago-23	87,5	32,0	22,0	92	3,75	4,9
12-ago-23	10,9	30,0	22,0	84	4,06	2,2
13-ago-23	0,00	32,8	20,4	62	5,22	0,0
14-ago-23	9,40	31,6	21,2	85	5,69	4,1
15-ago-23	5,20	30,0	21,2	83	4,5	4,2
16-ago-23	2,80	32,8	21,2	87	4,94	6,8
17-ago-23	2,60	31,0	21,2	84	4,72	4,0
18-ago-23	0,30	27,8	21,2	87	2,39	0,0
19-ago-23	66,5	29,8	21,0	83	3,53	3,0
20-ago-23	1,80	30,0	21,0	85	3,50	0,1
21-ago-23	0,40	31,8	21,2	89	2,94	0,0
22-ago-23	0,00	30,0	22,0	89	3,69	1,7
23-ago-23	0,00	30,0	21,4	89	3,75	2,6
24-ago-23	0,00	32,8	21,4	88	5,03	4,5
25-ago-23	2,20	32,0	21,0	87	4,36	0,6
26-ago-23	41,1	33,6	21,0	88	3,11	0,3
27-ago-23	3,20	33,2	22,0	86	5,39	5,7
28-ago-23	0,00	29,2	21,0	84	2,64	5,1
29-ago-23	20,70	32,8	21,2	78	5,33	5,7
30-ago-23	22,70	30,2	22,0	80	4,78	0,0
31-ago-23	26,60	30,0	22,0	82	5,08	2,3
PROMEDIO	11,87	30,97	21,78	85	3,99	2,60

Fuente: INAMHI, 2023.

Tabla 3

Datos meteorológicos de la estación M0162 para el mes de septiembre.

SEPTIEMBRE						
FECHA	**PP (mm)**	**TEMP. MAX**	**TEMP. MIN**	**HR (%)**	**Vv (m/s)**	**Insolación (h)**
1-sep-23	0	32,2	22	85	3,52	4,4
2-sep-23	0	32	21	86	3,65	0,8
3-sep-23	2,2	31,5	20	76	5,8	3,3
4-sep-23	41,1	29	21	88	2,9	0,4
5-sep-23	3,2	30,5	21	85	4,2	6,7
6-sep-23	0	31	21	86	4,8	1,5
7-sep-23	20,7	32,4	21	86	2,6	0
8-sep-23	22,7	32,5	20,8	85	3,2	3,7
9-sep-23	26,6	34,2	21	80	5,3	0,9
10-sep-23	0.00	32	20,4	86	1.33	5
11-sep-23	0.00	29	21	83	3,6	1,4
12-sep-23	2,9	31,8	21	85	1.33	0
13-sep-23	0	34,8	22	82	3,4	1,1
14-sep-23	0	27,2	21,2	85	3,9	0,2
15-sep-23	0	29,8	21	83	2,3	1,4
16-sep-23	0	28,8	21	84	2,9	0,5
17-sep-23	4,2	32,8	20,8	90	1,33	1,2
18-sep-23	0	30	21	80	4,1	3,9
19-sep-23	0	28,8	21,2	83	2,2	0,5
20-sep-23	0,2	31,8	21,4	81	4,1	0,3
21-sep-23	0	33	22	80	5,3	0,8
22-sep-23	0	31,8	20,6	90	1,9	4,9
23-sep-23	0	32,2	21	85	2,9	4,6
24-sep-23	0	26,8	20,2	82	0,67	0,1
25-sep-23	0	33,4	21	80	1,33	6,1
26-sep-23	21	33	21	86	1,33	2,4
27-sep-23	0	32,4	21	86	1,33	1,3
28-sep-23	0	34	20	84	0,67	4
29-sep-23	0,3	28	21	87	0,67	5,8
30-sep-23	11,2	32,4	21	88	0,67	5,9
PROMEDIO	5,58	31,30	20,99	84	2,88	2,44

Fuente: INAMHI, 2023.

Características del área experimental

Cultivo de cacao

Tabla 4

Dimensiones del terreno

ANCHO DEL TERRENO	35m
LARGO DEL TERRENO	100m
ÁREA DEL TERRENO	3500m2

Métodos empleados

Variables consideradas en la investigación.

Termografía con dron

La termografía es un método el cual nos ayuda a estimar la temperatura de un objeto a una distancia prudente. Gracias a esto, se comenzó con la implementación de cámaras termográficas a drones para poder realizar estudios en zonas amplias de la forma más eficiente posible, esta abre un campo muy amplio y novedoso para su uso en la agricultura Jarén *et al*. 2021).

Método Cuantitativo

Para Cadena *et al*. (2017), en esta investigación, existen dos métodos para la respectiva recopilación de datos, entre los cuales están el cuantitativo y cualitativo, Una distinción evidente entre estos métodos es que el enfoque cuantitativo tiende a producir datos numéricos, mientras que el cualitativo, como su mismo nombre lo dice, proporciona características o descripciones

de situaciones, eventos, personas, comportamientos observados, entre otros. Para esto la metodología cuantitativa está centrada en la recolección y análisis de datos y valores que puedes cuantificarse.

Según De Pelekais (2000) los métodos cuantitativos ofrecen valiiosas herramientas que pueden dar información objetiva que se basa en las estadísticas sólidas y, en general, para la mayoría de las personas suele ser compresible, mediante el uso de gráficos círculares o histogramas.

Procedimiento para estimar el estrés hídrico del cultivo

La investigación presentada se efectuó mediante el uso de la termografía con dron, para esto usaremos un dron Potensic D85 GPS y una cámara FLIR C3-X con sistema multiespectral térmico. Como primer paso se capturó las imágenes a una altura apropiada (alrededor de unos 6 metros) mediante el uso de la termografía con dron. Dividiendo la zona de estudio en tres puntos estratégicos para realizar la respectiva toma, debido a la topografía del terreno, y la diferencia de nivel en estos puntos, además de esto, también se colocó un termómetro ambiental con el fin de obtener la temperatura ambiente de la zona durante el periodo de estudio. La investigación se llevó a cabo al medio día, debido a que el sol estará en su punto más alto, y será la hora con mayor radiación solar en el día. Siendo el mejor momento para la toma de fotografías termográficas en el sitio La López del Cantón Chone.

El estudio respectivo se hizo durante 40 días seguidos, incluyendo también los fines de semana, con el fin de tener una información más precisa y constante de la toma de datos. Una vez culminados los 40 días, se procedió con el análisis de las imágenes termográficas de los tres puntos de investigación en el área de la finca, para realizar esto se utilizó el software FLIR Thermal Studio, obteniendo así la temperatura del cultivo. Si comparamos la temperatura del cultivo versus la temperatura ambiental, y el resultado da 4 °C por encima, significa que la planta se encuentra en estrés hídrico. Además de esto se realizó un pozo de observación de nivel freático, debido a que se prolongó el periodo lluvioso. Este se hizo con ayuda de un abre hoyos, excavando hasta una profundidad de 1 metro y un diámetro alrededor de los 25 cm.

En base a la investigación que se realizó, se propuso una programación de riego respectivamente para el cultivo de cacao. Se utilizó la siguiente metodología:

Fórmulas a utilizar.

Evapotranspiración de referencia (ETo) (FAO, 2006)

$$ETo = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + y\,\frac{900}{T+273}\,U_2(e_s - e_a)}{\Delta + y(1 + 0.34\,U_2)}$$

Fórmula 1. *Evapotranspiración de referencia (ETo)*

Donde:

ETo= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Rn= Radiación solar neta (MJ/m^2/día).

G= Flujo del calor del suelo (MJ/m^2/día).

T= Promedio diario de la temperatura del aire a 2 m de altura (°Celsius)

U_2= Velocidad del viento a 2 m de altura (m/s)

e_a=Presión real de vapor (kPa)

e_s =Presión de vapor de saturación (kPa)

e_s-e_a= déficit de presión de vapor (kPa)

Δ= Pendiente de la curva de presión de vapor (kPa/°Celsius)

Y= Constante psicrométrica (kPa/°Celsius)

Evapotranspiración del cultivo (ETc) (FAO, 2006)

$$ETc = Kc * ET_0$$

Fórmula 2. *Evapotranspiración del cultivo (ETc)*

Donde:

ETc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Kc= Coeficiente de los cultivos (adimensional)

ETo= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

Precipitación efectiva (Pe)

$$\boldsymbol{Pe = 0.8P - 25 \quad P > 75\ mm}$$

$$\boldsymbol{Pe} = 0.6P - 10 \quad P < 75mm$$

Fórmula 3. *Precipitación efectiva (Pe)* (FAO, 1978)

Donde:

Pe= Precipitación efectiva (mm)

P= Precipitación (mm)

Balance hídrico

$$\boldsymbol{Bh} = ET_c - P_e$$

Fórmula 4. *Balance hídrico*

Donde:

Bh= Balance Hídrico (mm)

ETc= Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Pe= Precipitación efectiva (mm)

Requerimiento de lavado (Chávez, 1999)

$$\boldsymbol{Rl} = \frac{CE_a}{5CE_e - CE_a}$$

Fórmula 5. *Requerimiento de lavado*

Donde:

Rl= Requerimiento de lavado

CEa= Conductividad eléctrica del agua de riego (ds/m)

CEe= Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo para la cual el descenso de producción es un porcentaje que se imparte como objetivo a conseguir (ds/m)

Reserva de agua disponible

$$\boldsymbol{RAD} = \frac{\boldsymbol{CC - PM}}{\boldsymbol{100}} * \boldsymbol{da} * \boldsymbol{Pr}$$

Fórmula 6. *Reserva de agua disponible*

Donde:

RAD= Reserva de agua disponible (mm)

CC= Capacidad de campo (%)

PM= Punto de marchitez (%)

da= Densidad aparente (gr/cm3)

Pr= Profundidad de raíces o profundidad del perfil del suelo (mm)

Lámina neta (Herrera, 2021)

$$\boldsymbol{Ln} = RAD * FAC$$

Fórmula 7. *Lámina neta*

Donde:

Ln= Lámina neta (mm)

RAD= Reserva de agua disponible (mm)

FAC= Fracción de agotamiento

Lámina total de riego (CONGOPE, 2016)

$$\boldsymbol{LT} = \frac{Ln}{Ea * (1 - RL)}$$

Fórmula 8. *Lámina total de riego.*

Donde:

LT= Lámina total de riego (mm)

Ln= Lámina neta (mm)

Ea= Eficiencia de aplicación del agua

RL= Requerimiento de lavado

Frecuencia de riego (GOBIERNO DE CHILE, 2017)

$$\boldsymbol{Fr} = \frac{Ln}{ETc_{diario}}$$

Fórmula 9. *Frecuencia de riego*

Donde:

Fr= Frecuencia de riego (mm)

Ln= Lámina neta (mm)

ETc_{diario}= Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/días)

Lámina neta ajustada

$$\boldsymbol{Ln_{ajustada}} = ETc_{diario} * Fr_{ajustado}$$

Fórmula 10. *Lámina neta ajustada*

Donde:

$Ln_{ajustada}$= Lámina neta ajustada (mm/riego)

ETc_{diario}= Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/días)

$Fr_{ajustado}$= Frecuencia de riego ajustado (días)

Lámina total ajustada

$$\boldsymbol{LT_{ajustada}} = \frac{\boldsymbol{Ln_{ajustada}}}{\boldsymbol{Ea} * (\mathbf{1} - \boldsymbol{RL})}$$

Fórmula 11. *Lámina total ajustada*

Donde:

$LT_{ajustada}$= Lámina total ajustada (mm)

$Ln_{ajustada}$= Lámina neta ajustada (mm)

Ea= Eficiencia de aplicación de agua

RL= Requerimiento de lavado

Intensidad de aplicación de agua

$$\boldsymbol{Iap = \frac{Qa}{Ea * El}}$$

Fórmula 12. *Intensidad de aplicación de agua*

Donde:

Iap= Intensidad de aplicación de agua (mm/hora)

Qa= Caudal del aspersor (l/h)

Ea= Espaciamiento entre aspersores (m)

El= Espaciamiento entre laterales (m)

Tiempo de riego (Flórez *et al*. 2013)

$$\boldsymbol{Tr = \frac{LT_{ajustada}}{Iap}}$$

Fórmula 13. *Tiempo de riego*

Donde:

Tr= Tiempo de riego

Iap= Intensidad de aplicación de agua (mm/hora)

$LT_{ajustada}$= Lámina total ajustada (mm)

Toma de datos en el área experimental

Para la toma de datos de las imágenes termográficas y los datos de temperatura para esta investigación se tuvieron en cuenta los siguientes puntos:

- Las fotografías se empezaron a tomar el jueves 8 de junio del 2023, y se terminó el sábado 22 de julio del 2023.
- La toma de las imágenes termográficas diarias se realizó en un horario de 12H00 a 13H00.
- El dron se elevó a una altura de 6 metros desde el suelo.
- La cámara FLIR C3-X cuenta con un sensor térmico de 128 x 96 píxeles y una cámara visual de 5 megapíxeles.
- Temperatura ambiental diaria marcada por el termómetro ambiental ubicado en la zona de estudio.
- Análisis de datos meteorológicos diarios de la estación M016

Resultados

Reportes cada diez días de las evaluaciones termográficas de los puntos 2 y 3

Dia 1 al día 10

Punto 2

18 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 2 tuvo una temperatura máxima de 48.6 °C el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li4. A continuación, en la tabla 5 podremos observar datos relevantes del 18 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 20.8 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

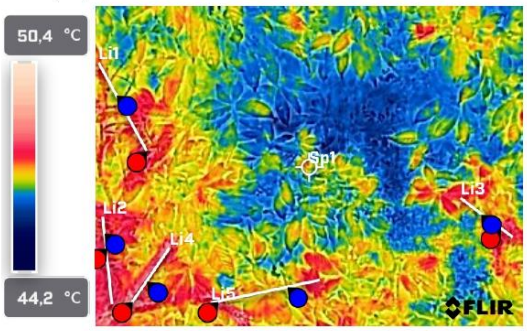
Tabla 5

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
18 de AGOSTO 2023	27.8	1.68	0.30

Figura 2

27/08/2023 12:59:30



FLIR1123.jpg



905030118

Parameters	
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements	
Li1	
Máx.	48,1 °C
Med.	47,4 °C
Mín.	46,8 °C
Li2	
Máx.	48,0 °C
Med.	47,8 °C
Mín.	47,5 °C
Li3	
Máx.	47,9 °C
Med.	47,4 °C
Mín.	46,7 °C
Li4	
Máx.	48,6 °C
Med.	47,9 °C
Mín.	47,5 °C
Li5	
Máx.	48,2 °C
Med.	47,3 °C
Mín.	46,9 °C
Sp1	47,1 °C

Reportes cada diez días de las evaluaciones termográficas de los puntos 2 y 3

Dia 1 al día 10

Punto 2

25 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 3 tuvo una temperatura máxima de 36.6 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li3 y Li5. A continuación en la tabla 7 podremos observar datos relevantes del 25 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo no supera los 4 °C respecto a la temperatura atmosférica, es decir, no presenta estrés hídrico, por lo cual aún no necesita ser regado.

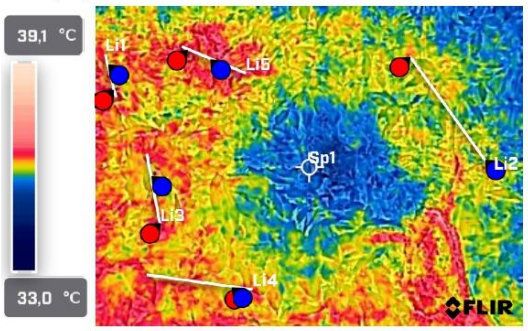
Tabla 6

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
25 de AGOSTO 2023	32.8	1.89	2.20

Figura 3

25/08/2023 12:12:33





FLIR1179.jpg

Parameters	
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements	
Li1	
Máx.	36,5 °C
Med.	36,3 °C
Mín.	36,1 °C
Li2	
Máx.	36,4 °C
Med.	36,0 °C
Mín.	35,8 °C
Li3	
Máx.	36,6 °C
Med.	36,3 °C
Mín.	36,0 °C
Li4	
Máx.	36,5 °C
Med.	36,2 °C
Mín.	36,0 °C
Li5	
Máx.	36,6 °C
Med.	36,4 °C
Mín.	36,2 °C
Sp1	35,5 °C

Punto 3

17 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 4 tuvo una temperatura máxima de 48.4 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li5. A continuación en la tabla 7 podremos observar datos relevantes del 17 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 17.4 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

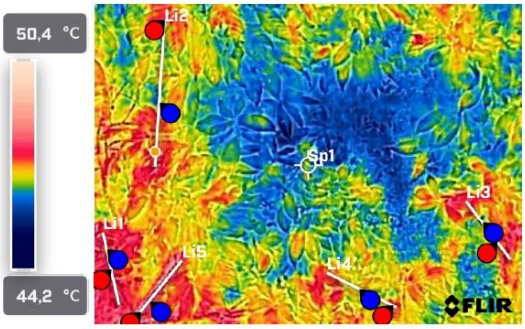
Tabla 7

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
17 de AGOSTO 2023	31	2.63	2.60

Figura 4

17/08/2023 12:59:32



FLIR1125.jpg



905030118

Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements

Li1	
Máx.	47,9 °C
Med.	47,7 °C
Mín.	47,4 °C
Li2	
Máx.	47,9 °C
Med.	47,1 °C
Mín.	46,4 °C
Li3	
Máx.	47,7 °C
Med.	47,3 °C
Mín.	46,5 °C
Li4	
Máx.	47,7 °C
Med.	47,1 °C
Mín.	46,8 °C
Li5	
Máx.	48,4 °C
Med.	48,1 °C
Mín.	47,8 °C
Sp1	46,7 °C

Punto 3

18 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 5 tuvo una temperatura máxima de 45.3 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li5. A continuación en la tabla 8 podremos observar datos relevantes del 18 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 17.5 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

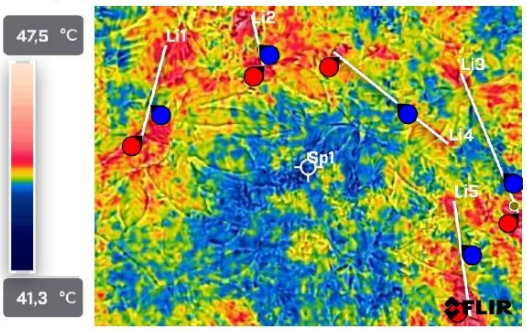
Tabla 8

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
18 de AGOSTO 2023	27.8	1.68	0.30

Figura 5

27/08/2023 12:57:09



FLIR1119.jpg



905030118

Parameters	
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements	
Li1	
Máx.	44,8 °C
Med.	44,4 °C
Mín.	43,9 °C
Li2	
Máx.	45,1 °C
Med.	44,5 °C
Mín.	44,0 °C
Li3	
Máx.	44,7 °C
Med.	44,1 °C
Mín.	43,7 °C
Li4	
Máx.	44,7 °C
Med.	44,3 °C
Mín.	43,9 °C
Li5	
Máx.	45,3 °C
Med.	44,5 °C
Mín.	44,0 °C
Sp1	43,7 °C

Reportes cada diez días de las evaluaciones termográficas de los puntos 2 y 3

Dia 11 al día 20

Punto 2

28 de agosto del 2023

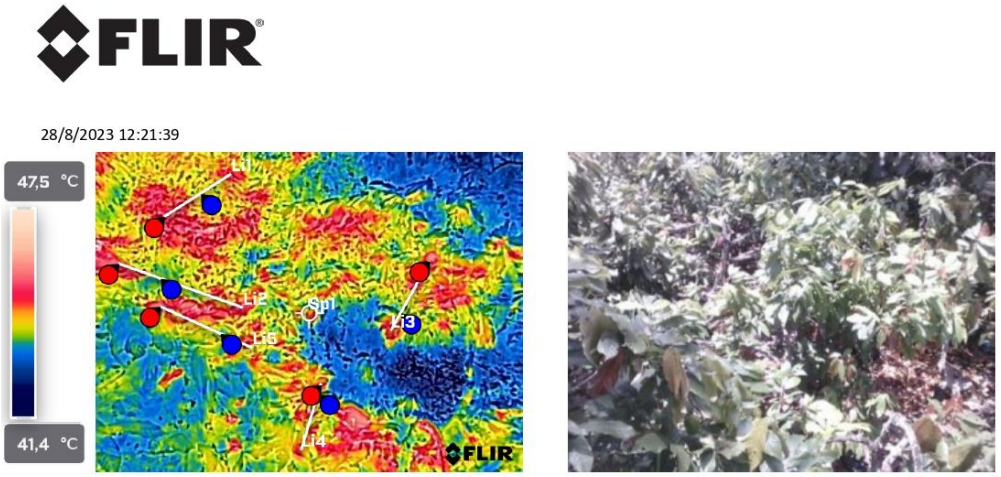
En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 6 tuvo una temperatura máxima de 45.8 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li5. A continuación en la tabla 9 podremos observar datos relevantes del 288 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 16.6 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 9

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
28 de AGOSTO 2023	29.2	1.79	0.00

Figura 6



Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	45,3 °C
Avg	44,5 °C
Min	44,0 °C
Li2	
Max	45,6 °C
Avg	44,3 °C
Min	43,5 °C
Li3	
Max	45,6 °C
Avg	44,5 °C
Min	43,6 °C
Li4	
Max	45,3 °C
Avg	44,4 °C
Min	43,8 °C
Li5	
Max	45,8 °C
Avg	44,4 °C
Min	43,5 °C
Sp1	44,5 °C

Punto 2

26 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 7 tuvo una temperatura máxima de 36.5 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li1. A continuación en la tabla 10 podremos observar datos relevantes del 26 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo no supera los 4 °C respecto a la temperatura atmosférica, es decir, no presenta estrés hídrico, por lo cual aún no necesita ser regado.

Tabla 10

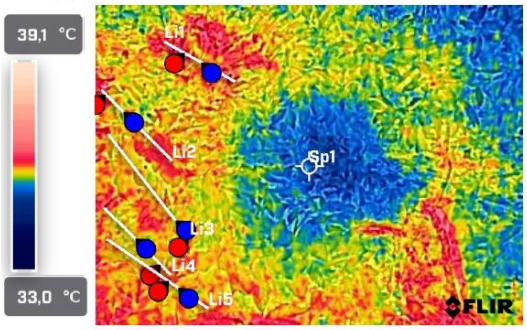
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
26 de AGOSTO 2023	33.6	1.68	41.10

Figura 7

FLIR

26/8/2023 12:12:31





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	36,5 °C
Avg	36,2 °C
Min	35,9 °C
Li2	
Max	36,2 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,8 °C
Li3	
Max	36,2 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,8 °C
Li4	
Max	36,1 °C
Avg	35,9 °C
Min	35,8 °C
Li5	
Max	36,2 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,8 °C
Sp1	35,3 °C

Punto 3

30 de agosto del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 8 tuvo una temperatura máxima de 46.1 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li3. A continuación en la tabla 11 podremos observar datos relevantes del 30 de agosto, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 15.9 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 11

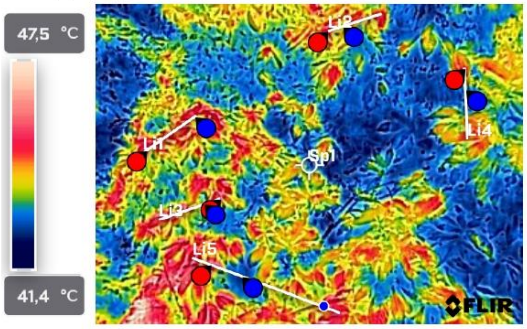
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
30 de AGOSTO 2023	30.2	2.21	22.70

Figura 8

FLIR

30/8/2023 12:26:05





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	45,6 °C
Avg	44,8 °C
Min	44,5 °C
Li2	
Max	45,3 °C
Avg	44,5 °C
Min	43,7 °C
Li3	
Max	46,1 °C
Avg	45,0 °C
Min	43,8 °C
Li4	
Max	45,1 °C
Avg	43,9 °C
Min	42,8 °C
Li5	
Max	45,9 °C
Avg	44,1 °C
Min	42,6 °C
Sp1	42,6 °C

Punto 3

04 de septiembre del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 9 tuvo una temperatura máxima de 45.6 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li2. A continuación en la tabla 12 podremos observar datos relevantes del 04 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 16.6 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 12

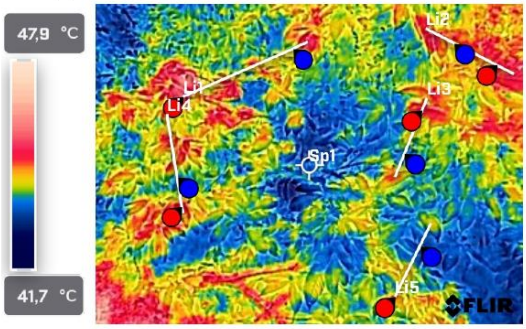
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
04 de SEPTIEMBRE 2023	29.0	1.26	41.10

Figura 9

FLIR

04/9/2023 12:24:49





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	45,6 °C
Avg	44,5 °C
Min	43,9 °C
Li2	
Max	45,2 °C
Avg	44,9 °C
Min	44,4 °C
Li3	
Max	45,4 °C
Avg	44,3 °C
Min	43,7 °C
Li4	
Max	45,1 °C
Avg	44,4 °C
Min	43,6 °C
Li5	
Max	44,9 °C
Avg	44,0 °C
Min	43,4 °C
Sp1	43,5 °C

Reportes cada diez días de las evaluaciones termográficas de los puntos 2 y 3

Dia 21 al día 30

Punto 2

10 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 10 tuvo una temperatura máxima de 44.1 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li1. A continuación en la tabla 13 podremos observar datos relevantes del 10 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 12.1 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 13

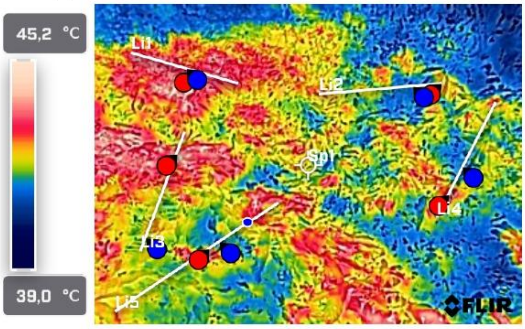
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
10 de SEPTIEMBRE 2023	32.0	0.95	0.00

Figura 10

FLIR

10/9/2023 12:12:29





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	44,1 °C
Avg	43,5 °C
Min	43,1 °C
Li2	
Max	43,0 °C
Avg	42,0 °C
Min	41,2 °C
Li3	
Max	44,0 °C
Avg	42,6 °C
Min	41,9 °C
Li4	
Max	43,5 °C
Avg	42,2 °C
Min	41,4 °C
Li5	
Max	43,6 °C
Avg	42,3 °C
Min	41,5 °C
Sp1	42,2 °C

Punto 2

07 de septiembre del 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 11 tuvo una temperatura máxima de 35.8 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li5. A continuación en la tabla 14 podremos observar datos relevantes del 07 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo no supera los 4 °C respecto a la temperatura atmosférica, es decir, no presenta estrés hídrico, por lo cual aún no necesita ser regado.

Tabla 14

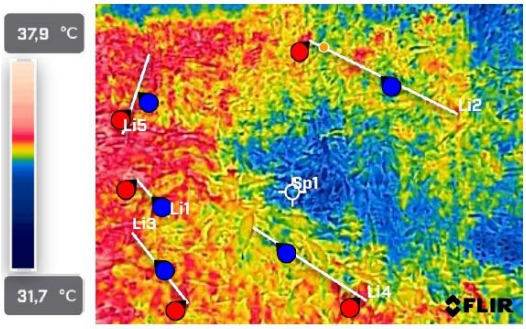
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
07 de SEPTIEMBRE 2023	32.4	1.26	20.70

Figura 11

FLIR

7/9/2023 12:17:57





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	36,0 °C
Avg	35,5 °C
Min	35,1 °C
Li2	
Max	35,5 °C
Avg	35,2 °C
Min	34,9 °C
Li3	
Max	35,6 °C
Avg	35,4 °C
Min	35,2 °C
Li4	
Max	35,7 °C
Avg	35,2 °C
Min	34,8 °C
Li5	
Max	35,8 °C
Avg	35,6 °C
Min	35,3 °C
Sp1	34,9 °C

Punto 3

05 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 12 tuvo una temperatura máxima de 46.9 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li1. A continuación en la tabla 15 podremos observar datos relevantes del 05 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 16.4 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 15

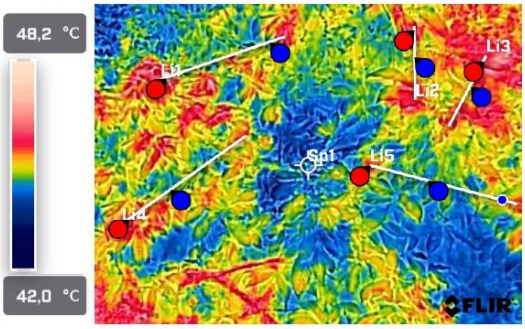
Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
05 de SEPTIEMBRE 2023	30.5	1.79	3.20

Figura 12

FLIR

5/9/2023 12:24:47





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	46,9 °C
Avg	45,1 °C
Min	44,5 °C
Li2	
Max	46,1 °C
Avg	45,6 °C
Min	45,1 °C
Li3	
Max	46,1 °C
Avg	45,5 °C
Min	45,0 °C
Li4	
Max	45,7 °C
Avg	45,1 °C
Min	44,5 °C
Li5	
Max	45,6 °C
Avg	44,8 °C
Min	44,4 °C
Sp1	44,5 °C

Punto 3

12 de septiembre 2023

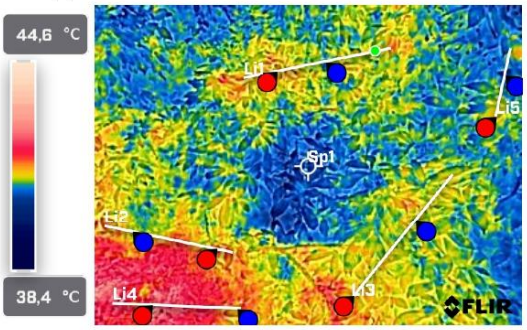
En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 13 tuvo una temperatura máxima de 42.6 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li4. A continuación en la tabla 16 podremos observar datos relevantes del 12 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 10.8 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

Tabla 16

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
12 de SEPTIEMBRE 2023	31.8	0.84	2.90

Figura 13





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	41,6 °C
Avg	41,2 °C
Min	40,8 °C
Li2	
Max	41,9 °C
Avg	41,5 °C
Min	41,0 °C
Li3	
Max	41,5 °C
Avg	41,2 °C
Min	41,0 °C
Li4	
Max	42,6 °C
Avg	42,0 °C
Min	41,2 °C
Li5	
Max	41,3 °C
Avg	41,0 °C
Min	40,7 °C
Sp1	40,6 °C

Reportes cada diez días de las evaluaciones termográficas de los puntos 2 y 3

Dia 31 al día 40

Punto 2

19 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 14 tuvo una temperatura máxima de 45.4 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li5. A continuación, en la tabla 17 podremos observar datos relevantes del 19 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 16.6 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

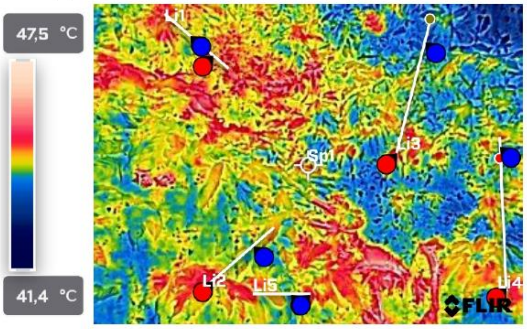
Tabla 17

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
19 de SEPTIEMBRE 2023	28.8	0.95	0.00

Figura 14

19/9/2023 12:26:31





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	45,3 °C
Avg	44,8 °C
Min	44,4 °C
Li2	
Max	45,3 °C
Avg	44,6 °C
Min	44,1 °C
Li3	
Max	45,0 °C
Avg	44,4 °C
Min	43,8 °C
Li4	
Max	44,9 °C
Avg	44,4 °C
Min	44,0 °C
Li5	
Max	45,4 °C
Avg	44,7 °C
Min	44,0 °C
Sp1	44,9 °C

Punto 2

21 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 15 tuvo una temperatura máxima de 34.2 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li3. A continuación en la tabla 18 podremos observar datos relevantes del 21 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo no supera los 4 °C respecto a la temperatura atmosférica, es decir, no presenta estrés hídrico, por lo cual aún no necesita ser regado.

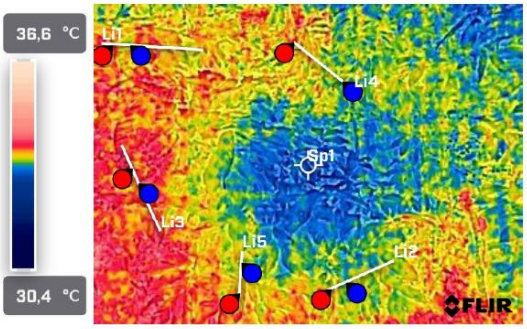
Tabla 18

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
21 de SEPTIEMBRE 2023	33.0	1.89	0.00

Figura 15

21/9/2023 12:15:28





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	34,2 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,5 °C
Li2	
Max	34,0 °C
Avg	33,7 °C
Min	33,5 °C
Li3	
Max	34,2 °C
Avg	34,1 °C
Min	33,9 °C
Li4	
Max	34,0 °C
Avg	33,7 °C
Min	33,5 °C
Li5	
Max	33,9 °C
Avg	33,8 °C
Min	33,6 °C
Sp1	33,2 °C

Punto 3

19 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 16 tuvo una temperatura máxima de 49.8 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li3. A continuación en la tabla 19 podremos observar datos relevantes del 19 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 21.0 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

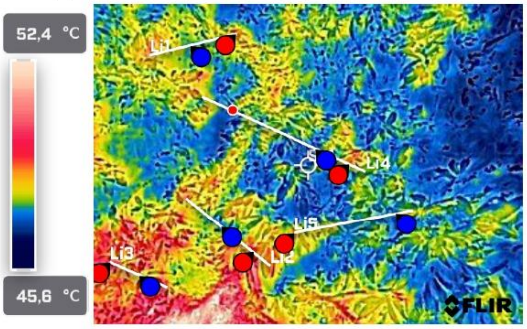
Tabla 19

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
19 de SEPTIEMBRE 2023	28.8	0.95	0.00

Figura 16

19/9/2023 12:28:59





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	48,9 °C
Avg	48,1 °C
Min	47,5 °C
Li2	
Max	49,3 °C
Avg	48,3 °C
Min	47,4 °C
Li3	
Max	49,8 °C
Avg	49,0 °C
Min	48,4 °C
Li4	
Max	48,7 °C
Avg	47,7 °C
Min	47,2 °C
Li5	
Max	48,6 °C
Avg	47,8 °C
Min	47,4 °C
Sp1	47,3 °C

Punto 3

23 de septiembre 2023

En este informe que se realizó en el software FLIR THERMAL STUDIO nos muestra que la figura 17 tuvo una temperatura máxima de 36.7 °C en el cultivo de cacao, dicha temperatura estuvo enmarcada por la línea Li1 y Li2. A continuación en la tabla 20 podremos observar datos relevantes del 23 de septiembre, entre los cuales podemos encontrar la temperatura máxima diaria brindada por la estación M0162, la evapotranspiración del cultivo (ETo) y la precipitación (RR). Podemos notar que la temperatura del cultivo supera por 8.70 °C a la temperatura atmosférica, es decir, la planta presenta estrés hídrico, por ende, necesita ser regada.

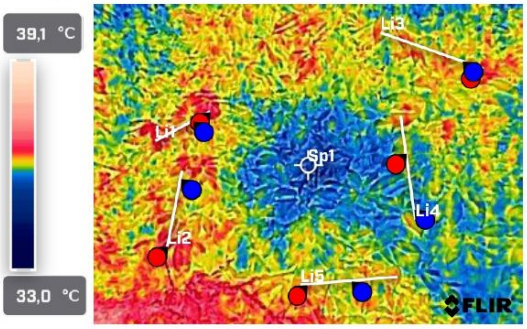
Tabla 20

Valores de temperatura máxima, evapotranspiración y precipitación

FECHA	TEMPERATURA MAXIMA °C	ETo (mm) Penman Monteith modificado por la FAO	RR (mm)
23 de SEPTIEMBRE 2023	28.0	0.84	0.30

Figura 17

23/9/2023 12:22:05





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	36,7 °C
Avg	36,4 °C
Min	36,2 °C
Li2	
Max	36,7 °C
Avg	36,3 °C
Min	36,0 °C
Li3	
Max	36,5 °C
Avg	36,2 °C
Min	35,9 °C
Li4	
Max	36,2 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,7 °C
Li5	
Max	36,4 °C
Avg	36,2 °C
Min	35,9 °C
Sp1	35,4 °C

Tabla 21

Valores de temperatura atmosférica, temperatura máxima de los cultivos en cada punto y diferencia entre la temperatura del cultivo y la temperatura atmosférica.

FECHA	TEMPERATURA ATMOSFERICA (°C)	Temperatura del cultivo P1	Temperatura del cultivo P2	Temperatura del cultivo P3	TCP1-TA	TCP2-TA	TCP3-TA
15/8/2023	35,20	48,00	40,20	39,60	12,80	5,00	4,40
16/8/2023	32,10	35,90	45,20	44,70	3,80	13,10	12,60
17/8/2023	32,40	45,30	45,00	48,40	12,90	12,60	16,00
18/8/2023	33,90	45,00	48,20	45,30	11,10	14,30	11,40
19/8/2023	30,10	41,20	43,70	35,60	11,10	13,60	5,50
20/8/2023	31,90	46,60	41,60	35,50	14,70	9,70	3,60
21/8/2023	29,90	33,40	36,80	39,10	3,50	6,90	9,20
22/8/2023	31,80	32,90	36,60	38,80	1,10	4,80	7,00
23/8/2023	28,10	40,70	41,00	44,50	12,60	12,90	16,40
24/8/2023	33,90	41,00	41,70	44,20	7,10	7,80	10,30
25/8/2023	30,50	32,30	36,60	38,40	1,80	6,10	7,90
26/8/2023	28,90	31,60	36,50	39,20	2,70	7,60	10,30
27/8/2023	28,50	48,30	45,20	41,50	19,80	16,70	13,00
28/8/2023	31,20	49,30	45,80	40,00	18,10	14,60	8,80
29/8/2023	33,30	35,20	40,30	45,50	1,90	7,00	12,20
30/8/2023	30,30	33,40	39,90	46,10	3,10	9,60	15,80
31/8/2023	35,60	35,20	38,10	43,20	-0,40	2,50	7,60
1/9/2023	29,60	34,40	38,30	42,80	4,80	8,70	13,20
2/9/2023	28,70	35,10	38,80	40,10	6,40	10,10	11,40
3/9/2023	31,20	37,30	39,40	40,80	6,10	8,20	9,60
4/9/2023	33,20	36,20	40,80	45,60	3,00	7,60	12,40
5/9/2023	33,00	37,00	41,40	46,90	4,00	8,40	13,90
6/9/2023	34,00	35,10	37,90	39,30	1,10	3,90	5,30
7/9/2023	30,00	30,40	35,00	37,60	0,40	5,00	7,60
8/9/2023	26,90	33,10	37,60	41,20	6,20	10,70	14,30
9/9/2023	34,60	32,20	38,00	42,80	-2,40	3,40	8,20
10/9/2023	33,80	40,60	38,20	40,30	6,80	4,40	6,50
11/9/2023	34,40	40,40	43,60	48,10	6,00	9,20	13,70
12/9/2023	31,20	35,90	39,80	42,60	4,70	8,60	11,40
13/9/2023	29,50	34,30	39,90	41,90	4,80	10,40	12,40
14/9/2023	28,60	34,7	40,60	42,10	6,10	12,00	13,50
15/9/2023	26,30	36,2	42,30	40,10	9,90	16,00	13,80
16/9/2023	29,90	37	44,40	45,10	7,10	14,50	15,20
17/9/2023	29,70	47,9	40,20	43,40	18,20	10,50	13,70
18/9/2023	30,30	47,7	42,50	47,70	17,40	12,20	17,40
19/9/2023	32,30	40,2	45,40	49,80	7,90	13,10	17,50
20/9/2023	33,30	38,6	43,50	49,80	5,30	10,20	16,50
21/9/2023	30,30	29,5	34,20	35,80	-0,80	3,90	5,50
22/9/2023	29,80	29,3	34,00	35,80	-0,50	4,20	6,00
23/9/2023	28,10	31,1	36,10	36,70	3,00	8,00	8,60

A continuación, en la tabla 22 se muestra una programación de riego para nuestro cultivo de cacao en los meses de agosto y septiembre del 2023. Para la obtención de la programación se tuvieron presentes los datos respectivos de agua, suelo y la planta de la zona de estudio. Se obtuvieron valores de evapotranspiración del cultivo (ETc) que van desde 0,40 mm/día hasta 2,70 mm/día. En lo que respecta al balance hídrico (BH) varían desde los -31,70 mm/día hasta 2.10 mm/día. La reserva de agua disponible (RAD) tiene un valor de 182.70 mm. La frecuencia de riego ajustada (FRA) usada es cada 5 días. Los datos de la lámina total ajustada (LTajust) varían entre 6.05 mm hasta 71.88 mm. La intensidad de aplicación de agua (IAP) tiene un valor de 5.09 mm/hora. El tiempo de riego (TR) que se obtuvo tiene valores desde 0.57 horas hasta 5.67 horas.

Tabla 22

Diseño de una programación de riego para un cultivo de plátano en los meses de agosto y septiembre del año 2023.

Programación de riego por aspersión para un cultivo de cacao en los meses de agosto y septiembre del año 2023								
Fecha	**ETo (mm/día)**	**Kc**	**ETc (mm/día)**	**P (mm/día)**	**BH (mm/día)**	**RAD (mm)**	**Ln (mm)**	**RL**
15/8/2023	2,50	1,05	2,63	4,16	-1,54	182,70	146,16	0,514
16/8/2023	2,60	1,05	2,73	2,24	0,49	182,70	146,16	0,514
17/8/2023	2,50	1,05	2,63	2,08	0,55	182,70	146,16	0,514
18/8/2023	1,60	1,05	1,68	0,24	1,44	182,70	146,16	0,514
19/8/2023	2,20	1,05	2,31	53,20	-50,89	182,70	146,16	0,514
20/8/2023	1,90	1,05	2,00	1,44	0,56	182,70	146,16	0,514
21/8/2023	1,60	1,05	1,68	0,32	1,36	182,70	146,16	0,514
22/8/2023	1,70	1,05	1,79	0,00	1,79	182,70	146,16	0,514
23/8/2023	1,70	1,05	1,79	0,00	1,79	182,70	146,16	0,514
24/8/2023	2,00	1,05	2,10	0,00	2,10	182,70	146,16	0,514
25/8/2023	1,80	1,05	1,89	1,76	0,13	182,70	146,16	0,514
26/8/2023	1,60	1,05	1,68	32,88	-31,20	182,70	146,16	0,514
27/8/2023	2,20	1,05	2,31	2,56	-0,25	182,70	146,16	0,514
28/8/2023	1,70	1,05	1,79	0,00	1,79	182,70	146,16	0,514
29/8/2023	2,70	1,05	2,84	16,56	-13,73	182,70	146,16	0,514
30/8/2023	2,10	1,05	2,21	16,56	-14,36	182,70	146,16	0,514
31/8/2023	2,10	1,05	2,21	21,28	-19,08	182,70	146,16	0,514
1/9/2023	1,70	1,05	1,79	0,00	1,79	182,70	146,16	0,514
2/9/2023	1,50	1,05	1,58	0,00	1,58	182,70	146,16	0,514
3/9/2023	2,60	1,05	2,73	1,76	0,97	182,70	146,16	0,514
4/9/2023	1,20	1,05	1,26	32,96	-31,70	182,70	146,16	0,514
5/9/2023	1,70	1,05	1,79	2,56	-0,78	182,70	146,16	0,514
6/9/2023	1,60	1,05	1,68	0,00	1,68	182,70	146,16	0,514
7/9/2023	1,20	1,05	1,26	16,56	-15,30	182,70	146,16	0,514
8/9/2023	1,40	1,05	1,47	18,16	-16,69	182,70	146,16	0,514
9/9/2023	2,10	1,05	2,21	21,28	-19,08	182,70	146,16	0,514
10/9/2023	0,90	1,05	0,95	0,00	0,95	182,70	146,16	0,514
11/9/2023	1,30	1,05	1,37	0,00	1,37	182,70	146,16	0,514
12/9/2023	0,80	1,05	0,84	2,32	-1,48	182,70	146,16	0,514
13/9/2023	1,50	1,05	1,58	0,00	1,58	182,70	146,16	0,514
14/9/2023	1,30	1,05	1,37	0,00	1,37	182,70	146,16	0,514
15/9/2023	1,00	1,05	1,05	0,00	1,05	182,70	146,16	0,514
16/9/2023	1,00	1,05	1,05	0,00	1,05	182,70	146,16	0,514
17/9/2023	1,60	1,05	1,68	3,36	-1,68	182,70	146,16	0,514
18/9/2023	1,40	1,05	1,47	0,00	1,47	182,70	146,16	0,514
19/9/2023	0,90	1,05	0,95	0,00	0,95	182,70	146,16	0,514
20/9/2023	1,50	1,05	1,58	0,16	1,42	182,70	146,16	0,514
21/9/2023	1,80	1,05	1,89	0,00	1,89	182,70	146,16	0,514
22/9/2023	0,40	1,05	0,42	0,00	0,42	182,70	146,16	0,514
23/9/2023	0,80	1,05	0,84	0,00	0,84	182,70	146,16	0,514

Programación de riego por aspersión para un cultivo de cacao en los meses de agosto y septiembre del año 2023

Fecha	LT (mm)	FR (días)	FRA (días)	LNajust (mm)	LTajust(mm)	IAP(mm/horas)	TR (horas)
15/8/2023	401,22	55,68	4	10,50	28,82	5,09	5,67
16/8/2023	401,22	53,54	4				
17/8/2023	401,22	55,68	4				
18/8/2023	401,22	87,00	4				
19/8/2023	401,22	63,27	4	9,24	25,36	5,09	4,99
20/8/2023	401,22	73,26	4				
21/8/2023	401,22	87,00	4				
22/8/2023	401,22	81,88	4				
23/8/2023	401,22	81,88	4	7,14	19,60	5,09	3,85
24/8/2023	401,22	69,60	4				
25/8/2023	401,22	77,33	4				
26/8/2023	401,22	87,00	4				
27/8/2023	401,22	63,27	4	9,24	25,36	5,09	4,99
28/8/2023	401,22	81,88	4				
29/8/2023	401,22	51,56	4				
30/8/2023	401,22	66,29	4				
31/8/2023	401,22	66,29	4	8,82	24,21	5,09	4,76
1/9/2023	401,22	81,88	4				
2/9/2023	401,22	92,80	4				
3/9/2023	401,22	53,54	4				
4/9/2023	401,22	116,00	4	5,04	13,84	5,09	2,72
5/9/2023	401,22	81,88	4				
6/9/2023	401,22	87,00	4				
7/9/2023	401,22	116,00	4				
8/9/2023	401,22	99,43	4	1,47	4,04	5,09	0,79
9/9/2023	401,22	66,29	4				
10/9/2023	401,22	154,67	4				
11/9/2023	401,22	107,08	4				
12/9/2023	401,22	174,00	4	3,36	9,22	5,09	1,81
13/9/2023	401,22	92,80	4				
14/9/2023	401,22	107,08	4				
15/9/2023	401,22	139,20	4				
16/9/2023	401,22	139,20	4	1,05	2,88	5,09	0,57
17/9/2023	401,22	87,00	4				
18/9/2023	401,22	99,43	4				
19/9/2023	401,22	154,67	4				
20/9/2023	401,22	92,80	4	6,30	17,29	5,09	3,40
21/9/2023	401,22	77,33	4				
22/9/2023	401,22	348,00	4				
23/9/2023	401,22	174,00	4				

Discusión

Los resultados de esta investigación evidencian el deterioro del cultivo de cacao debido al estrés hídrico. El análisis de las imágenes termográficas mostró que, durante los 40 días del estudio, los puntos 2 y 3 presentaron estrés hídrico en 36 y 39 días respectivamente, mientras que el punto 1 registró 24 días de estrés. Se aborda como un tema critico en lo que respecta a la producción agrícola sostenible, como lo son el monitoreo y el manejo correcto del estrés hídrico en cultivos, mismo que ocurre cuando no existe suficiente agua para poder satisfacer las necesidades fisiológicas de la planta, entre las principales razones que tenemos en el cultivo de cacao se encuentran el déficit de agua en el suelo, debido a la sequía, la mala retención del suelo y la evaporación excesiva, así mismo, existe una demanda hídrica alta, debido a las altas temperaturas y las altas tasas de crecimiento, es por esto que, como consecuencias nos encontramos con el marchitamiento de la planta. Es por esto que, Villalaz *et al.* (2020) el estrés hídrico impacta negativamente en el crecimineto en la parte inicial del cacao, de esta manera retrasa su desarrollo vegetativo y asi genera efectos adversos en su metabolismo y fotosíntesis. El análisis que se realizó en la plantación evidencia la importancia de la implementación de tecnologías avanzadas, para así poder tener una evaluación del estado hídrico de los cultivos. Estos hallazgos coinciden con las observaciones de Chaves y Gutiérrez (2016), quienes señalan que el estrés hídrico, provocado por altas temperaturas, afecta significativamente a los cultivos, ocasionando daños irreversibles, especialmente cuando las plantas están expuestas a temperaturas superiores a 50 °C, lo que puede causar daño celular grave en pocos minutos.

Es notable que en el punto número uno existió un mejor manejo del riego en lo que respecta a los puntos dos y tres. Esto resalta la necesidad de estrategias de riego diferenciadas y basadas en datos como más precisión para cada sector del terreno. La implementación de una programación de riego y basarse en el monitoreo continuo se podría mitigar los valores que se observan y así de la misma manera poder optimizar el uso del agua, reduciendo su desperdicio y así promover una producción más sostenible y uniforme. El análisis termográfico reveló que las

temperaturas foliares del cultivo superaron las temperaturas ambientales en más de 4 °C durante la mayoría de los días estudiados. Esto confirma la existencia de estrés hídrico, principalmente asociado a una inadecuada disponibilidad de agua. Es por esto que, Leinonen y Jones (2004) respaldan esta observación al establecer que, cuando la temperatura del dosel supera en 4 °C la temperatura ambiental, la transpiración se ve afectada, incrementando el nivel de estrés hídrico de las plantas. Para Matínez *et al.* (2017) el estrés hidrico afecta directamente en el rendimiento de los cultivos debido a la alteración de su óptimo desarrollo, modificando las relaciones hídricas, infiriendo directamente en la tasa de transpiración, el balance fotosistesis-respiración y la eficiencia del uso del agua.

El estrés hídrico detectado en el cultivo de cacao es consecuencia de una programación deficiente del riego, al no considerar factores clave como la temperatura ambiental, la capacidad física del suelo y la calidad del agua. Además, el uso complementario de los datos meteorológicos de la estación M0162 agrega valor al análisis, proporcionando de esta manera un contexto ambiental que da paso a una interpretación de mejor manera de los patrones térmicos observados en el cultivo. Gracias a este enfoque se pueden fortalecer mejores conclusiones y así tener en cuenta la importancia de integrar fuentes de información para una toma de decisiones más fundamentadas. Según Otero *et al*. (2017), una adecuada programación del riego es esencial para cualquier cultivo, ya que permite optimizar el uso del agua y maximizar su absorción por las plantas, adaptándose a las características específicas de cada zona y tipo de cultivo. Es por esto que, lo que se estipula coincide con Ojeda *et al.* (2006), nos demuestra que al momento de realizar los cálculos de una programación de riego esta debe coincidir directamente con las condiciones climáticas de la zona, esto debido a que las condiciones varían en términos de tiempo y ubicación y deben de realizarse los cálculos de manera localizada tomando en cuenta todos los parámetros respectivos que afecten al cultivo.

Conclusiones

Estimar el estrés hídrico de un cultivo de cacao mediante la termografía en el sitio mosquito del cantón Chone. Es por esto que, el objetivo general nos da como conclusión que es importante el uso de una cámara termográfica es de suma ayuda y de gran importancia para poder visualizar y analizar la manera en la que un cultivo se comporta térmicamente. Al llegar a una comparación entre la temperatura del cultivo y la temperatura ambiente, se puede determinar con certeza que si la planta llega a estar en estrés hídrico o si se encuentra saludable y así de tal manera poder obtener un diagnóstico claro en el que se encuentra. Al ser un método usado en tiempo real, se puede tener una idea clara y concisa sobre el estado en el que se encuentra el cultivo.

Evaluar la temperatura diaria a la que se encuentra el cultivo, considerado el clima y la temperatura máxima al medio día. Como conclusión de nuestro objetivo específico se debe considerar el clima de la zona, como lo es la temperatura máxima al medio día, la evaluación térmica diaria del cultivo se convierte en un factor muy importante para que las plantas puedan desarrollarse de manera saludable, es por esto que, la temperatura muy elevada de la misma puede ocasionar consecuencias graves, llegando al punto de que la planta muera. Es de suma importancia tener en cuenta los factores para poder gestionar de buena manera un riego.

Realizar una programación de riego para el cultivo de cacao, considerando que el estrés hídrico que padece el cultivo se atribuye al uso de técnica de riego empíricas. Mediante el objetivo específico se concluye que la programación de riego es la parte más esencial a la hora de llevar a cabo un cultivo, este, nos va permitir un mejor trato al cultivo, ya que, se desarrolla con normalidad y ayuda a que la producción sea optima y de excelente calidad. Al momento de realizar una programación de riego cuando existe estrés hídrico podemos tener una mejor optimización y ser más eficientes con el uso del agua y que la misma no sea desperdiciada.

Bibliografía

Cadena, P., Rendón, R., Aguilar, J., Salinas, E., de la Cruz, F., & Sangerman, D. (2017). Métodos cuantitativos, métodos cualitativos o su combinación en la investigación: un acercamiento en las ciencias sociales. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 8(7), 1603-1617. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000701603&script=sci_abstract&tlng=pt

Chaves, N., & Gutiérrez, M. (2016). Respuestas al estrés por calor en los cultivos. II. Tolerancia y tratamiento agronómico. Agronomía mesoamericana: órgano divulgativo del PCCMCA, Programa Cooperativo Centroamericano de Mejoramiento de Cultivos y Animales 28(1), 255-271. Obtenido de https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21904

Chávez, L. (1999). Requerimientos hídricos de cultivos bajo sistemas de fertirrigación. Terra Latinoamericana, 17, 237-245. Obtenido de https://www.redalyc.org/pdf/573/57317308.pdf

CONGOPE. (2016). Hablemos de riego. El Telégrafo EP. Obtenido de http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DE-RIEGO-LOW.pdf

De Pelekais, C. (2020). Métodos cuantitativos y cualitativos: diferencias y tendencias. Telos: Revista De Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, 2(2), 347-352. Obtenido de http://ojs.urbe.edu/index.php/telos/article/view/997

Flores, L., Medina, E., Osornio, J., & López, P. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Obtenido de www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792012000400343&script=sci_arttext

Flores, S., & Hongn, M. (2012). Termografía infrarroja en la edificación. Aplicaciones cualitativas. Universidad Nacional de Salta. Salta: ASADES. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/14563/CONICET_Digital_Nr%20o.17944.pdf%20?sequence=1&isAllowed=y

Flórez, N., Zution, I., Calvacante, D., Agnellos, A., Ponciano, F., Ribeiro, M., & Eiji, E. (2013). Eficiencia de aplicación de agua en la superficie y en el perfil del suelo en un sistema de riego por aspersión. Agrociencia (1996), 47(2), 107-119. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-31952013000200001

GOBIERNO DE CHILE. (2017). Cómo determinar; cuánto y cuándo regar. Uchile.cl. Obtenido de http://www.gea.uchile.cl/archivos/Como_determinar_cuando_y_cuanto_regar_Conadi.pdf

Gonzáles, J., Blanco, V., Blaya, P., Domingo, R., Soto, F., & Torres, R. (2021). Estimación del nivel de estrés hídrico en frutales mediante técnicas machine learning para aplicación en sistemas inteligentes. En XLII JORNADAS DE AUTOMÁTICA: LIBRO DE ACTAS (págs. 477-488). Servizo de Publicacións da UDC. Obtenido de https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/28366/2021_Gonzalez-

Teruel_Juan_Estimacion_del_nivel_de_estres_hidrico_en_frutales_mediante_tecnicas_m achine_learning.pdf?sequence=3&isAllowed=y

GOOGLE EARTH. (2023). Ubicación geográfica del Sitio La López, Cantón Chone. Obtenido de https://earth.google.com/web/search/la+lopez+chone/@-0.6634526,-80.0144962,33.4907286a,845.1715101d,35y,0h,0t,0r/data=Cn0aTxJJCiUweDkwMmIwMWEzNDRiMDlhYzc6MHg2OGI4OGY4MTI2ZDhhNWQxGQVHbvIAO-W_IaQ6eIHtAFTAKg5sYSBsb3BleiBjaG9uZRgCIAEiJgokCZedtcJIezRAEZWdtcJIe

Hernández, E. (2020). Cámaras Termográficas (IR térmico). Trabajo de fin de grado. Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología, España. Obtenido de https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/21422/Camaras%20termograficas%20%28IR%20termico%29.pdf

Herrera, N. (2021). Efectos de láminas de riego en el rendimiento del pasto buffer (Cenchrus ciliaris L.) en río verde, provincia de Santa Elena [Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Obtenido de https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6371/1/UPSE-TIA-2021-0093.pdf

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2015). Red de Estaciones Automáticas. Obtenido de http://186.42.174.236/InamhiEmas/

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI). (2023). Publicaciones Meteorológicas. Obtenido de https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/

Jarén, C., Salvatierra, B., & López, M. (Octubre de 2021). Aplicación de la termografía sobre dron a la evaluación de la eficiencia del riego por aspersión. Obtenido de https://repositorio.upct.es/entities/publication/aa7169e8-562f-42ef-9c02-a3ecb40bcc3a

Leinonen, I., & Jones, H. (2024). Combining thermal and visible imagery for estimating canopy temperature and identifying plant stress. Journal of Experimental Botany, 55(401), 1423-1431. Obtenido de https://doi.org/10.1093/jxb/erh146

López, R., Arteaga, R., Vásquez, M., López, I., & Sánchez, I. (2009). Índice de estrés hídrico como un indicador del momento de riego en cultivos agrícolas. México: Agricultura técnica en México. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100010#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20del%20%C3%ADndice%20de,presi%C3%B3n%20de%20vapor%20del%20agua.

Luna, W., Estrada, H., Jiménez, J., & Pinzón, L. (2012). Efecto del estrés hídrico sobre el crecimiento y eficiencia del uso del agua en plántulas de tres especies arbóreas caducifolias. Terra Latinoamericana: órgano científico de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C, 30(4), 343-353. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792012000400343&script=sci_arttext

Martínez, L., Garatuza, J., Armendáriz, M., Yépez, E., Arredondo, J., & González, J. (2017). Revisión bibliográfica estrés térmico en cultivo del trigo. Implicaciones fisiológicas, bioquímicas y agronómicas. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 57-67. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/1932/193250540007/html/

Ojeda, W., Sifuentes, E., & Unland, H. (2006). Programación integral del riego en maíz en el norte de Sinaloa, México. Obtenido de http://187.174.234.55/handle/20.500.12013/1736

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1978). Effective rainfall in irrigated agriculture. Obtenido de https://www.fao.org/3/X5560E/X5560E00.htm

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2006). apotranspiración del cultivo Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Obtenido de https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm

Otero, A., Montoya, F., & Garcia, C. (2017). Programación del riego. Obtenido de https://www.lareferencia.info/vufind/Record/UY_d883400eec2b38472db5b6faf97

Portilla, F. (2018). Agroclimatología del Ecuador. Quito: Abya-Yala. Obtenido de https://doi.org/10.7476/9789978104927

Staton, M. (2020). Efectos del estrés hídrico y las altas temperaturas sobre el rendimiento de la soja. MICHIGAN STATE UNIVERSITY. Obtenido de https://www.canr.msu.edu/news/moisture_stress_and_high_temperature_effects_on_soybean_yields

Vargas, J., Giovanna, Q., & Acuña, J. (2020). Termografía infrarroja para el manejo hídrico del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa Duch) bajo cubierta. 35-47. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7918032

Villalaz, J., Villarreal, J., Pineda, A., Gutiérrez, A., & Merino, A. (2020). Efecto del índice del estrés hídrico sobre el estado vegetativo de la planta de cacao. Panamá: Revista ciencia agropecuaria. Obtenido de http://www.revistacienciaagropecuaria.ac.pa/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/628/542#:~:text=El%20estr%C3%A9s%20h%C3%ADdrico%20afecta%20a,et%20al.%2C%202019).

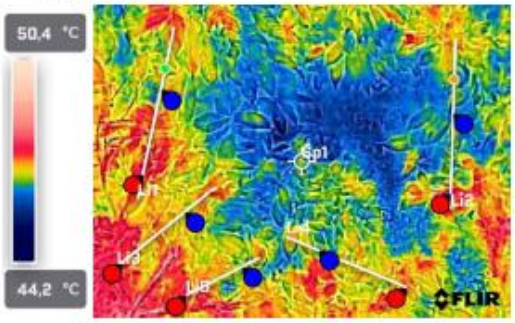
Villar, D., Lía, R., & Alminagorta, O. (Diciembre de 2021). Evaluación del estrés hídrico del cultivo de arroz (IR 71706) a través del uso de termografía calibrada del área del dosel en Lima, Perú. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0187-57792012000400343&script=sci_arttext

ANEXOS

Anexo 1

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

15/8/2023 12:59:32





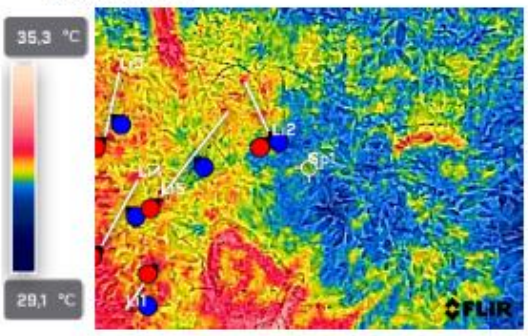
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	47,8 °C
Avg	47,3 °C
Min	46,6 °C
Li2	
Max	48,0 °C
Avg	46,9 °C
Min	46,3 °C
Li3	
Max	47,7 °C
Avg	47,2 °C
Min	46,8 °C
Li4	
Max	47,4 °C
Avg	47,0 °C
Min	46,5 °C
Li5	
Max	47,6 °C
Avg	47,1 °C
Min	46,6 °C
Sp1	46,7 °C

Anexo 2

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

16/08/2023 12:14:46





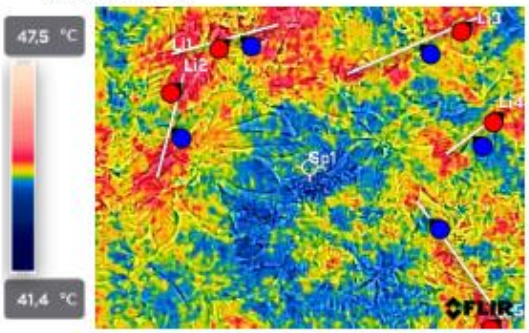
Parameters	
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements	
Li1	
Máx.	35,9 °C
Med.	32,6 °C
Mín.	32,2 °C
Li2	
Máx.	32,8 °C
Med.	32,3 °C
Mín.	31,9 °C
Li3	
Máx.	32,7 °C
Med.	32,4 °C
Mín.	32,1 °C
Li4	
Máx.	32,9 °C
Med.	32,4 °C
Mín.	32,2 °C
Li5	
Máx.	32,6 °C
Med.	32,1 °C
Mín.	31,7 °C
Sp1	32,0 °C

Anexo 3

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

17/08/2023 12:57:12



FLIR1121.jpg



905030118

Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

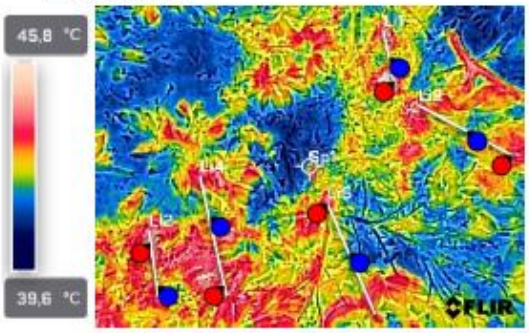
Measurements

Li1	
Máx.	44,9 °C
Med.	44,6 °C
Mín.	44,2 °C
Li2	
Máx.	45,0 °C
Med.	44,6 °C
Mín.	44,1 °C
Li3	
Máx.	44,9 °C
Med.	44,5 °C
Mín.	44,2 °C
Li4	
Máx.	44,8 °C
Med.	44,4 °C
Mín.	44,2 °C
Li5	
Máx.	45,3 °C
Med.	44,4 °C
Mín.	43,9 °C
Sp1	44,2 °C

Anexo 4

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

18/08/2023 12:30:16



FLIR1115.jpg



905030118

Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

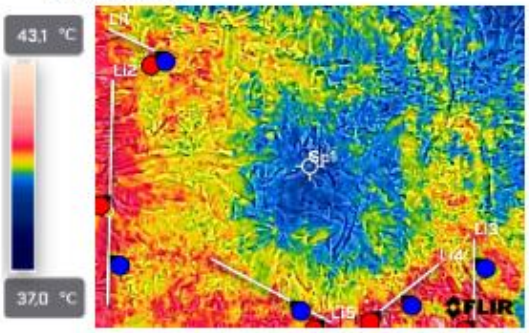
Measurements

Li1	
Máx.	45,0 °C
Med.	43,7 °C
Mín.	42,5 °C
Li2	
Máx.	44,8 °C
Med.	43,8 °C
Mín.	42,8 °C
Li3	
Máx.	44,5 °C
Med.	42,9 °C
Mín.	41,8 °C
Li4	
Máx.	44,5 °C
Med.	43,2 °C
Mín.	42,0 °C
Li5	
Máx.	44,2 °C
Med.	42,8 °C
Mín.	41,7 °C
Sp1	43,0 °C

Anexo 5

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

19/08/2023 12:55:11





Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements

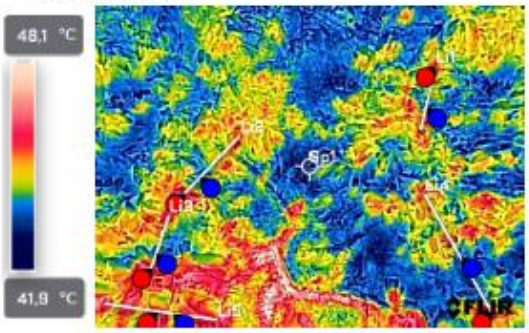
Li1	
Máx.	40,9 °C
Med.	40,4 °C
Mín.	40,2 °C
Li2	
Máx.	41,1 °C
Med.	40,7 °C
Mín.	40,3 °C
Li3	
Máx.	41,0 °C
Med.	40,5 °C
Mín.	40,1 °C
Li4	
Máx.	41,2 °C
Med.	40,7 °C
Mín.	40,3 °C
Li5	
Máx.	41,1 °C
Med.	40,4 °C
Mín.	40,0 °C
Sp1	39,4 °C

Anexo 6

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

20/08/2023 12:10:07





Parameters	
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

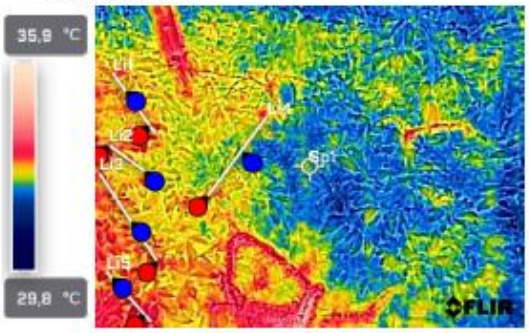
Measurements	
Li1	
Máx.	45,7 °C
Med.	44,9 °C
Mín.	43,8 °C
Li2	
Máx.	45,7 °C
Med.	44,7 °C
Mín.	43,6 °C
Li3	
Máx.	46,3 °C
Med.	45,0 °C
Mín.	43,9 °C
Li4	
Máx.	46,0 °C
Med.	44,4 °C
Mín.	43,4 °C
Li5	
Máx.	46,6 °C
Med.	45,7 °C
Mín.	44,7 °C
Sp1	43,4 °C

Anexo 7

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

21/08/2023 12:17:50





Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

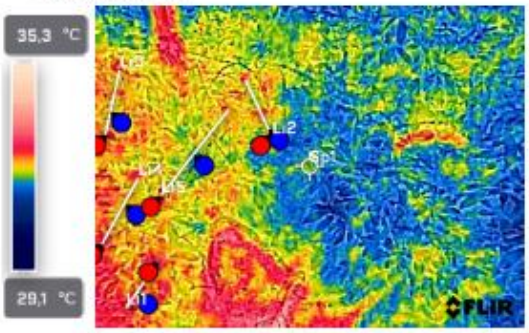
Measurements

Li1	
Máx.	33,1 °C
Med.	32,9 °C
Mín.	32,7 °C
Li2	
Máx.	33,0 °C
Med.	32,9 °C
Mín.	32,6 °C
Li3	
Máx.	33,2 °C
Med.	33,0 °C
Mín.	32,7 °C
Li4	
Máx.	33,0 °C
Med.	32,6 °C
Mín.	32,3 °C
Li5	
Máx.	33,4 °C
Med.	33,1 °C
Mín.	32,8 °C
Sp1	32,4 °C

Anexo 8

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

22/08/2023 12:11:46





Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

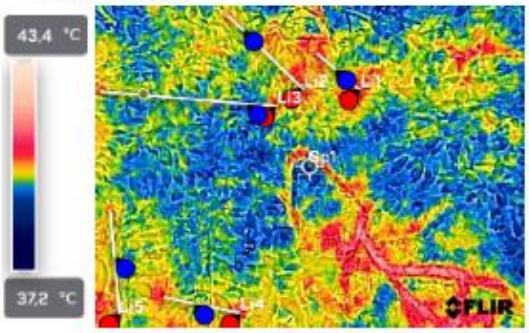
Measurements

Li1	
Máx.	32,9 °C
Med.	32,6 °C
Mín.	32,2 °C
Li2	
Máx.	32,8 °C
Med.	32,3 °C
Mín.	31,9 °C
Li3	
Máx.	32,7 °C
Med.	32,4 °C
Mín.	32,1 °C
Li4	
Máx.	32,9 °C
Med.	32,4 °C
Mín.	32,2 °C
Li5	
Máx.	32,6 °C
Med.	32,1 °C
Mín.	31,7 °C
Sp1	32,0 °C

Anexo 9

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

23/08/2023 12:32:35





Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements

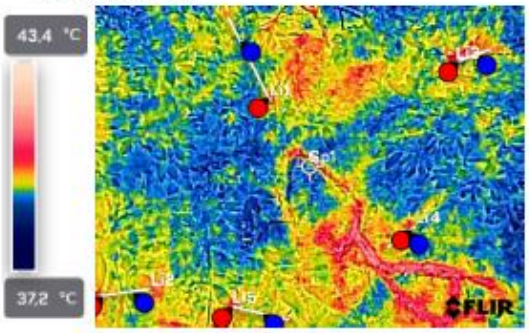
Li1	
Máx.	40,7 °C
Med.	40,4 °C
Mín.	39,9 °C
Li2	
Máx.	40,6 °C
Med.	40,2 °C
Mín.	39,8 °C
Li3	
Máx.	40,6 °C
Med.	39,9 °C
Mín.	39,5 °C
Li4	
Máx.	40,7 °C
Med.	40,2 °C
Mín.	39,9 °C
Li5	
Máx.	40,6 °C
Med.	40,2 °C
Mín.	39,9 °C
Sp1	39,4 °C

Anexo 10

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

24/08/2023 12:25:32





905030118

Parameters

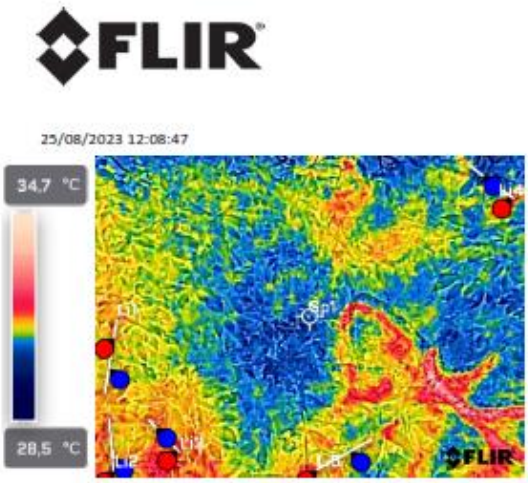
Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements

Li1	
Máx.	40,3 °C
Med.	39,7 °C
Mín.	39,4 °C
Li2	
Máx.	40,2 °C
Med.	39,9 °C
Mín.	39,6 °C
Li3	
Máx.	41,0 °C
Med.	40,1 °C
Mín.	39,6 °C
Li4	
Máx.	40,2 °C
Med.	39,9 °C
Mín.	39,6 °C
Li5	
Máx.	40,4 °C
Med.	39,9 °C
Mín.	39,7 °C
Sp1	39,4 °C

Anexo 11

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio





Parameters

Emisividad	0,95
Distancia	3,00 m
Temp. reflejada	20,0 °C
Temp. atmosférica	20,0 °C
Humedad relativa	51,0%
Temp. óptica ext.	20,0 °C
Trans. óptica ext.	1,00

Measurements

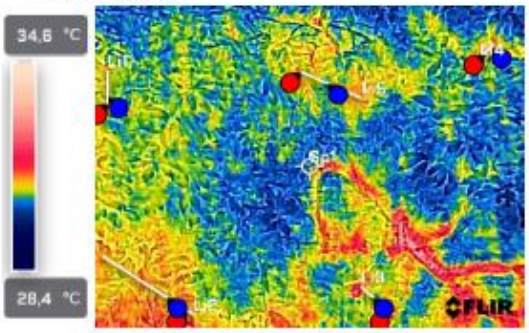
Li1	
Máx.	31,7 °C
Med.	31,4 °C
Mín.	31,2 °C
Li2	
Máx.	31,8 °C
Med.	31,5 °C
Mín.	31,2 °C
Li3	
Máx.	31,9 °C
Med.	31,7 °C
Mín.	31,3 °C
Li4	
Máx.	32,3 °C
Med.	31,0 °C
Mín.	30,5 °C
Li5	
Máx.	31,8 °C
Med.	31,3 °C
Mín.	31,0 °C
Sp1	30,8 °C

Anexo 12

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

26/8/2023 12:08:43





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

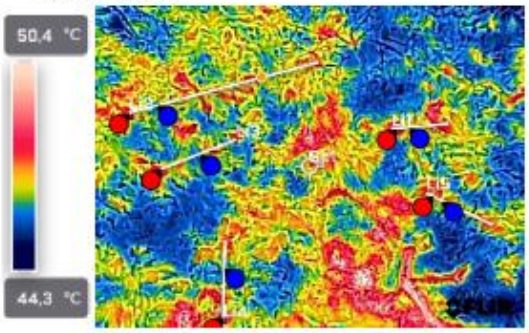
Measurements

Li1	
Max	31,1 °C
Avg	30,9 °C
Min	30,7 °C
Li2	
Max	31,3 °C
Avg	31,1 °C
Min	30,8 °C
Li3	
Max	31,0 °C
Avg	31,0 °C
Min	30,7 °C
Li4	
Max	31,5 °C
Avg	31,2 °C
Min	30,8 °C
Li5	
Max	31,3 °C
Avg	30,9 °C
Min	30,6 °C
Sp1	30,6 °C

Anexo 13

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

27/8/2023 12:24:31





Parameters

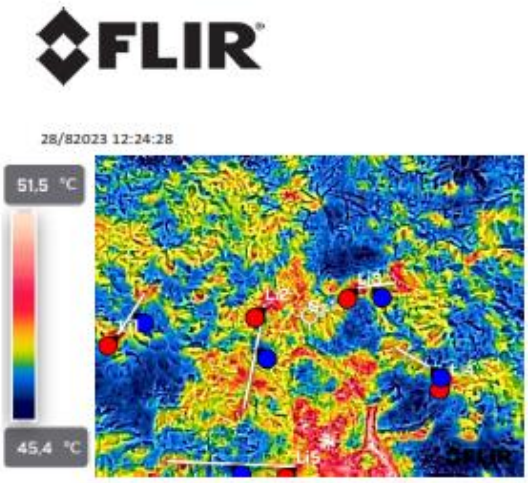
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements

Li1	
Max	48,7 °C
Avg	47,5 °C
Min	46,9 °C
Li2	
Max	48,2 °C
Avg	47,0 °C
Min	45,8 °C
Li3	
Max	48,3 °C
Avg	46,7 °C
Min	45,8 °C
Li4	
Max	48,2 °C
Avg	47,1 °C
Min	45,9 °C
Li5	
Max	47,6 °C
Avg	47,1 °C
Min	46,6 °C
Sp1	47,1 °C

Anexo 14

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

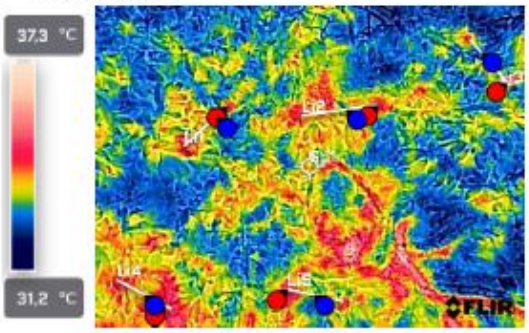
Measurements

Li1	
Max	48,7 °C
Avg	47,3 °C
Min	46,5 °C
Li2	
Max	49,0 °C
Avg	47,5 °C
Min	46,3 °C
Li3	
Max	49,3 °C
Avg	48,0 °C
Min	47,4 °C
Li4	
Max	48,6 °C
Avg	47,7 °C
Min	47,0 °C
Li5	
Max	49,0 °C
Avg	47,4 °C
Min	46,2 °C
Sp1	48,0 °C

Anexo 15

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

29/8/2023 12:20:31





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

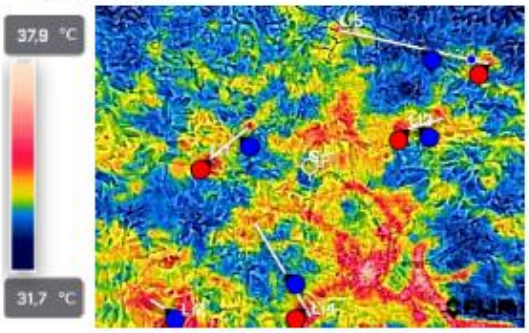
Measurements

Li1	
Max	34,8 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,3 °C
Li2	
Max	34,6 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,4 °C
Li3	
Max	35,2 °C
Avg	33,4 °C
Min	32,6 °C
Li4	
Max	35,1 °C
Avg	34,3 °C
Min	33,7 °C
Li5	
Max	35,1 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,1 °C
Sp1	33,9 °C

Anexo 16

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

30/8/2023 12:20:29





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

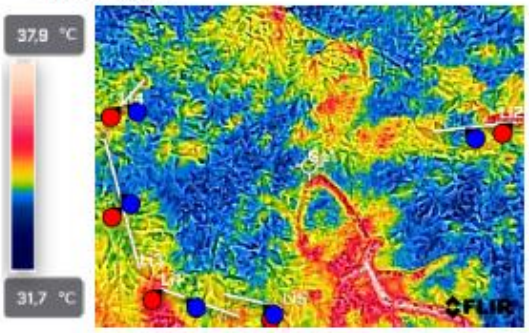
Measurements	
Li1	
Max	35,1 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,5 °C
Li2	
Max	35,3 °C
Avg	34,6 °C
Min	34,1 °C
Li3	
Max	34,7 °C
Avg	34,3 °C
Min	33,9 °C
Li4	
Max	35,4 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,2 °C
Li5	
Max	34,8 °C
Avg	33,6 °C
Min	32,7 °C
Sp1	33,9 °C

Anexo 17

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

31/8/2023 12:33:46





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements

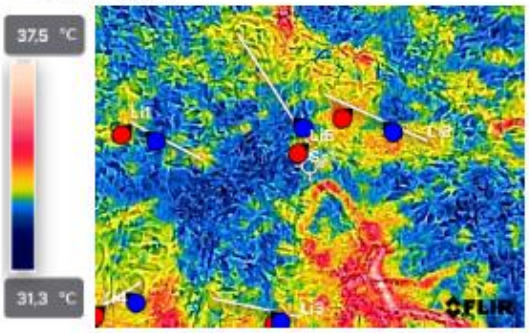
Li1	
Max	35,2 °C
Avg	34,5 °C
Min	34,2 °C
Li2	
Max	35,2 °C
Avg	34,4 °C
Min	33,8 °C
Li3	
Max	34,7 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,7 °C
Li4	
Max	34,8 °C
Avg	34,4 °C
Min	34,1 °C
Li5	
Max	35,0 °C
Avg	34,3 °C
Min	34,0 °C
Sp1	34,1 °C

Anexo 18

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

01/9/2023 12:33:43





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

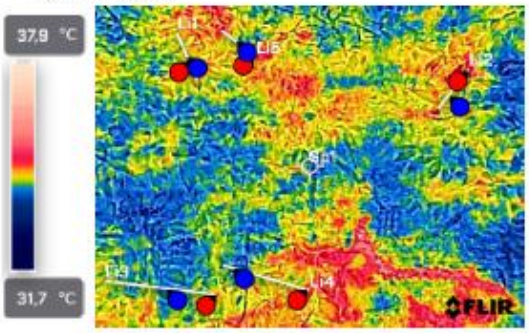
Measurements

Li1	
Max	34,3 °C
Avg	33,5 °C
Min	33,1 °C
Li2	
Max	34,4 °C
Avg	33,8 °C
Min	33,2 °C
Li3	
Max	34,3 °C
Avg	33,7 °C
Min	33,4 °C
Li4	
Max	34,2 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,7 °C
Li5	
Max	34,3 °C
Avg	33,5 °C
Min	32,8 °C
Sp1	33,2 °C

Anexo 19

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

02/9/2023 12:14:45





Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

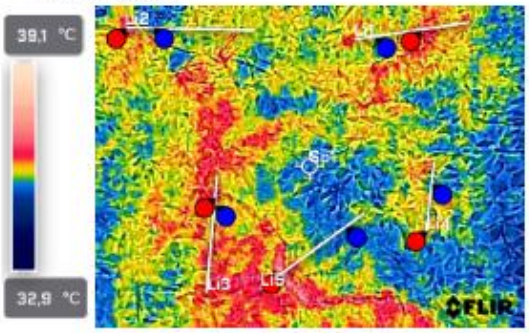
Measurements	
Li1	
Max	34,8 °C
Avg	34,5 °C
Min	34,4 °C
Li2	
Max	35,1 °C
Avg	34,6 °C
Min	34,3 °C
Li3	
Max	34,8 °C
Avg	34,3 °C
Min	34,0 °C
Li4	
Max	35,0 °C
Avg	34,4 °C
Min	34,0 °C
Li5	
Max	35,0 °C
Avg	34,6 °C
Min	34,0 °C
Sp1	34,0 °C

Anexo 20

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

03/9/2023 12:14:41





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements

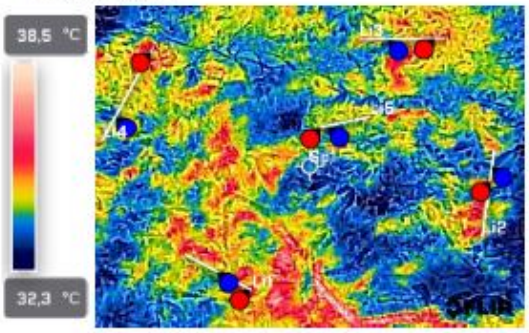
Li1	
Max	36,4 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,6 °C
Li2	
Max	36,8 °C
Avg	35,8 °C
Min	35,2 °C
Li3	
Max	36,5 °C
Avg	36,2 °C
Min	35,9 °C
Li4	
Max	36,2 °C
Avg	35,8 °C
Min	35,4 °C
Li5	
Max	37,3 °C
Avg	36,0 °C
Min	35,4 °C
Sp1	35,4 °C

Anexo 21

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

04/9/2023 12:19:36





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

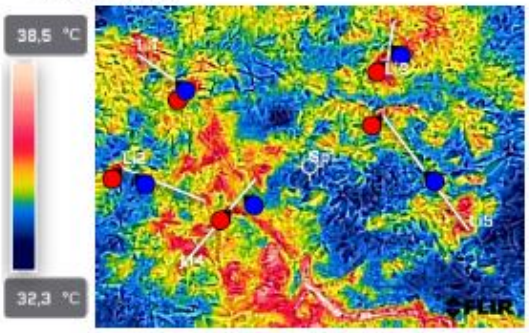
Measurements

Li1	
Max	36,2 °C
Avg	34,8 °C
Min	34,1 °C
Li2	
Max	35,6 °C
Avg	34,4 °C
Min	33,5 °C
Li3	
Max	35,3 °C
Avg	34,8 °C
Min	33,8 °C
Li4	
Max	35,5 °C
Avg	34,6 °C
Min	33,9 °C
Li5	
Max	34,9 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,7 °C
Sp1	33,9 °C

Anexo 22

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

5/9/2023 12:19:33





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

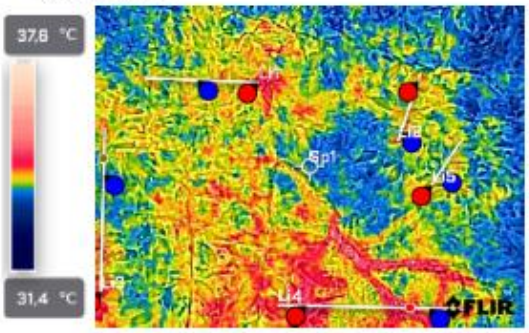
Measurements

Li1	
Max	35,8 °C
Avg	35,1 °C
Min	34,4 °C
Li2	
Max	35,9 °C
Avg	34,8 °C
Min	34,0 °C
Li3	
Max	36,6 °C
Avg	35,5 °C
Min	34,3 °C
Li4	
Max	37,0 °C
Avg	35,4 °C
Min	34,5 °C
Li5	
Max	36,3 °C
Avg	34,9 °C
Min	34,0 °C
Sp1	34,0 °C

Anexo 23

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

6/9/2023 12:22:09





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

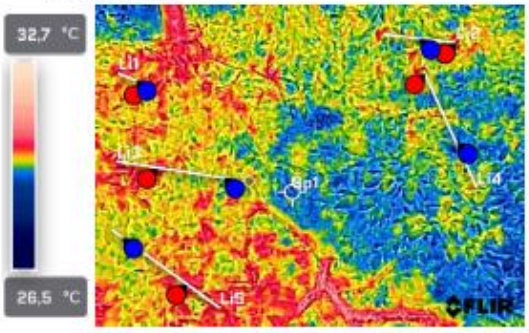
Measurements

Li1	
Max	34,8 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,8 °C
Li2	
Max	34,3 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,8 °C
Li3	
Max	34,7 °C
Avg	34,1 °C
Min	33,7 °C
Li4	
Max	35,1 °C
Avg	34,5 °C
Min	34,0 °C
Li5	
Max	34,3 °C
Avg	34,0 °C
Min	33,7 °C
Sp1	33,7 °C

Anexo 24

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

7/9/2023 12:14:53





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

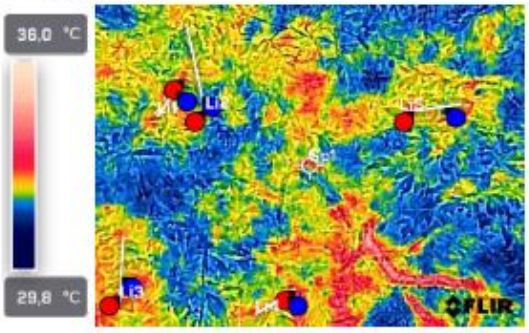
Measurements

Li1	
Max	30,2 °C
Avg	30,0 °C
Min	29,9 °C
Li2	
Max	30,3 °C
Avg	29,8 °C
Min	29,5 °C
Li3	
Max	30,4 °C
Avg	29,9 °C
Min	29,5 °C
Li4	
Max	30,0 °C
Avg	29,6 °C
Min	29,2 °C
Li5	
Max	30,4 °C
Avg	30,0 °C
Min	29,6 °C
Sp1	29,2 °C

Anexo 25

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

8/9/2023 12:40:18





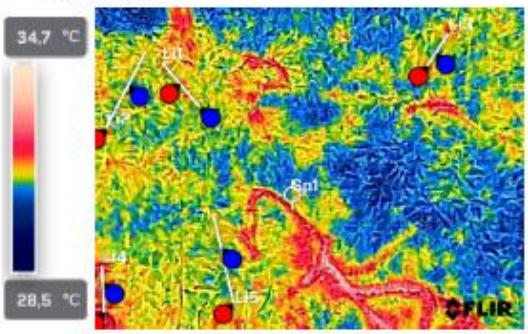
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	32,7 °C
Avg	32,3 °C
Min	31,9 °C
Li2	
Max	33,1 °C
Avg	32,2 °C
Min	31,8 °C
Li3	
Max	32,8 °C
Avg	32,4 °C
Min	32,1 °C
Li4	
Max	32,9 °C
Avg	32,5 °C
Min	32,0 °C
Li5	
Max	32,8 °C
Avg	32,3 °C
Min	31,6 °C
Sp1	32,6 °C

Anexo 26

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

9/9/2023 12:18:54





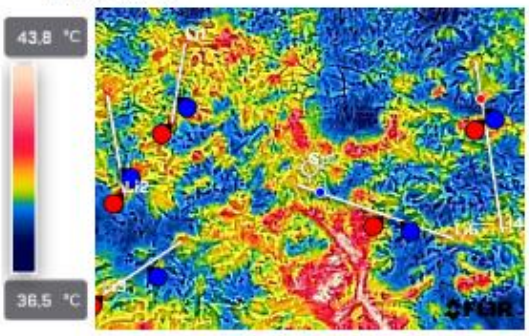
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	31,9 °C
Avg	31,4 °C
Min	31,2 °C
Li2	
Max	31,0 °C
Avg	31,3 °C
Min	30,9 °C
Li3	
Max	32,0 °C
Avg	31,5 °C
Min	31,0 °C
Li4	
Max	32,2 °C
Avg	31,9 °C
Min	31,6 °C
Li5	
Max	31,0 °C
Avg	31,4 °C
Min	31,0 °C
Sp1	31,2 °C

Anexo 27

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

10/9/2023 12:10:29





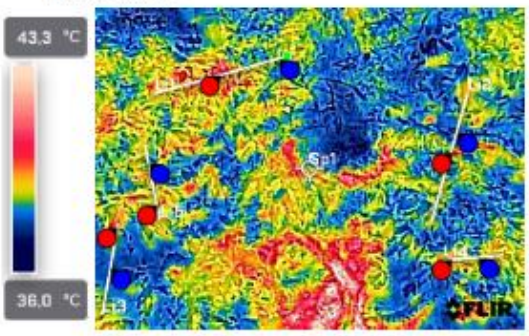
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	40,6 °C
Avg	39,7 °C
Min	38,9 °C
Li2	
Max	40,6 °C
Avg	39,4 °C
Min	38,7 °C
Li3	
Max	40,5 °C
Avg	39,1 °C
Min	38,4 °C
Li4	
Max	40,1 °C
Avg	39,2 °C
Min	38,0 °C
Li5	
Max	40,5 °C
Avg	39,4 °C
Min	38,4 °C
Sp1	39,7 °C

Anexo 28

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

11/9/2023 12:10:26





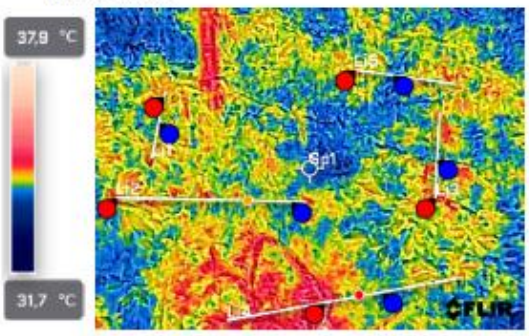
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	40,4 °C
Avg	39,2 °C
Min	38,3 °C
Li2	
Max	39,7 °C
Avg	38,6 °C
Min	37,4 °C
Li3	
Max	39,9 °C
Avg	38,5 °C
Min	37,9 °C
Li4	
Max	39,6 °C
Avg	39,1 °C
Min	38,4 °C
Li5	
Max	39,6 °C
Avg	39,0 °C
Min	38,3 °C
Sp1	38,8 °C

Anexo 29

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

12/9/2023 12:26:23





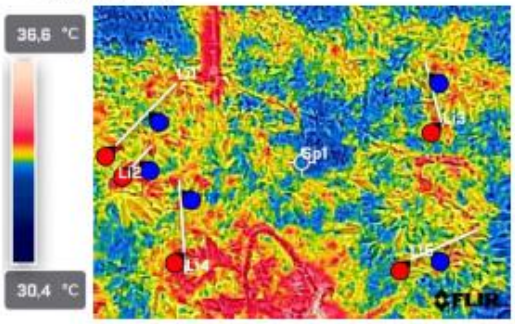
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	34,8 °C
Avg	34,5 °C
Min	34,2 °C
Li2	
Max	34,9 °C
Avg	34,5 °C
Min	34,2 °C
Li3	
Max	34,8 °C
Avg	34,4 °C
Min	34,0 °C
Li4	
Max	35,9 °C
Avg	34,7 °C
Min	34,1 °C
Li5	
Max	34,7 °C
Avg	34,4 °C
Min	34,1 °C
Sp1	34,0 °C

Anexo 30

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

13/9/2023 12:26:28





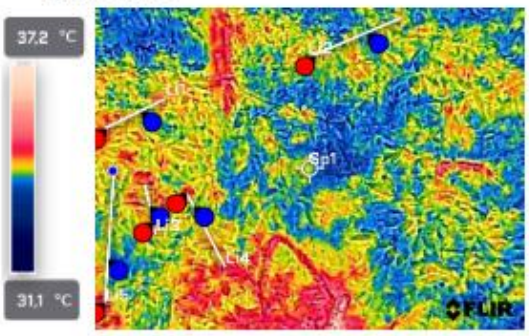
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	34,2 °C
Avg	33,8 °C
Min	33,5 °C
Li2	
Max	34,3 °C
Avg	34,0 °C
Min	33,8 °C
Li3	
Max	34,1 °C
Avg	33,8 °C
Min	33,6 °C
Li4	
Max	34,2 °C
Avg	33,9 °C
Min	33,6 °C
Li5	
Max	34,0 °C
Avg	33,8 °C
Min	33,5 °C
Sp1	33,4 °C

Anexo 31

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

14/9/2023 12:26:35





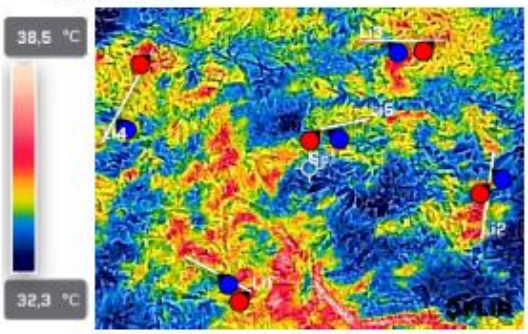
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	34,6 °C
Avg	34,3 °C
Min	33,9 °C
Li2	
Max	34,4 °C
Avg	34,1 °C
Min	33,8 °C
Li3	
Max	34,5 °C
Avg	34,3 °C
Min	34,1 °C
Li4	
Max	34,8 °C
Avg	34,3 °C
Min	34,0 °C
Li5	
Max	34,7 °C
Avg	34,1 °C
Min	33,8 °C
Sp1	34,2 °C

Anexo 32

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

15/9/2023 12:19:36





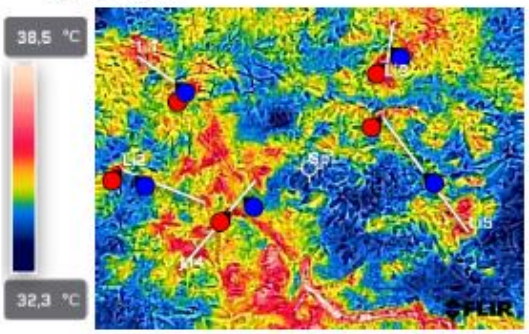
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	36,2 °C
Avg	34,8 °C
Min	34,1 °C
Li2	
Max	35,6 °C
Avg	34,4 °C
Min	33,5 °C
Li3	
Max	35,3 °C
Avg	34,8 °C
Min	33,8 °C
Li4	
Max	35,5 °C
Avg	34,6 °C
Min	33,9 °C
Li5	
Max	34,9 °C
Avg	34,2 °C
Min	33,7 °C
Sp1	33,9 °C

Anexo 33

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

16/9/2023 12:19:33





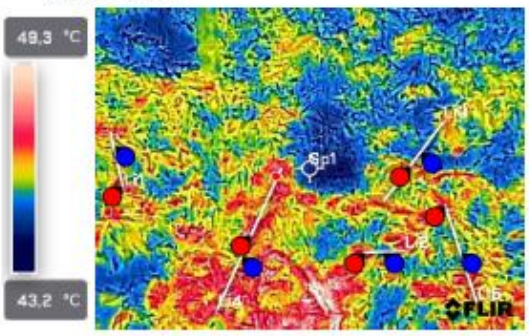
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	35,8 °C
Avg	35,1 °C
Min	34,4 °C
Li2	
Max	35,9 °C
Avg	34,8 °C
Min	34,0 °C
Li3	
Max	36,6 °C
Avg	35,5 °C
Min	34,3 °C
Li4	
Max	37,0 °C
Avg	35,4 °C
Min	34,5 °C
Li5	
Max	36,3 °C
Avg	34,9 °C
Min	34,0 °C
Sp1	34,0 °C

Anexo 34

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

17/9/2023 12:41:16





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

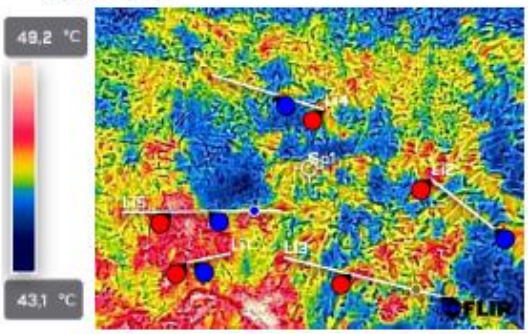
Measurements

Li1	
Max	47,3 °C
Avg	46,4 °C
Min	46,1 °C
Li2	
Max	47,6 °C
Avg	46,3 °C
Min	44,9 °C
Li3	
Max	46,8 °C
Avg	45,9 °C
Min	44,9 °C
Li4	
Max	47,9 °C
Avg	46,9 °C
Min	45,9 °C
Li5	
Max	46,9 °C
Avg	46,2 °C
Min	45,2 °C
Sp1	44,6 °C

Anexo 35

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

18/9/2023 12:40:33





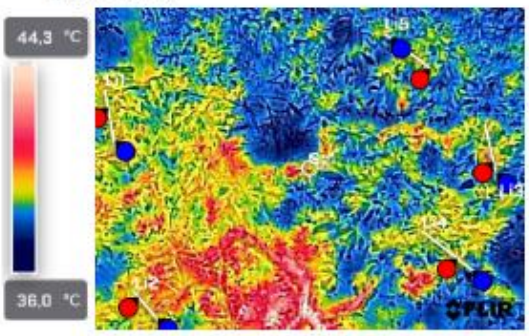
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	47,5 °C
Avg	46,9 °C
Min	46,6 °C
Li2	
Max	47,3 °C
Avg	46,0 °C
Min	45,2 °C
Li3	
Max	47,4 °C
Avg	46,2 °C
Min	45,0 °C
Li4	
Max	47,1 °C
Avg	45,9 °C
Min	45,0 °C
Li5	
Max	47,7 °C
Avg	46,5 °C
Min	45,4 °C
Sp1	46,1 °C

Anexo 36

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

19/9/2023 12:23:52





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements

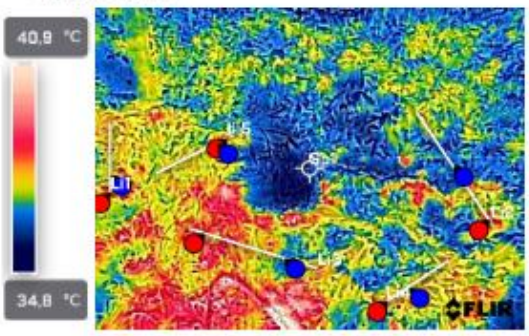
Li1	
Max	39,8 °C
Avg	39,4 °C
Min	39,0 °C
Li2	
Max	39,8 °C
Avg	39,6 °C
Min	39,2 °C
Li3	
Max	40,2 °C
Avg	39,2 °C
Min	38,4 °C
Li4	
Max	39,7 °C
Avg	39,0 °C
Min	37,8 °C
Li5	
Max	39,4 °C
Avg	38,9 °C
Min	38,4 °C
Sp1	39,5 °C

Anexo 37

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

FLIR

20/9/2023 12:23:41





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

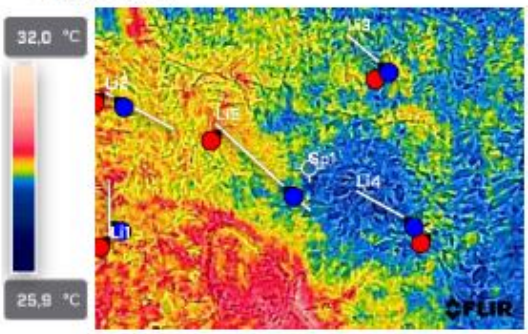
Measurements

Li1	
Max	38,3 °C
Avg	37,6 °C
Min	36,9 °C
Li2	
Max	38,5 °C
Avg	37,0 °C
Min	36,1 °C
Li3	
Max	38,6 °C
Avg	37,7 °C
Min	36,5 °C
Li4	
Max	38,0 °C
Avg	37,5 °C
Min	37,0 °C
Li5	
Max	38,1 °C
Avg	37,5 °C
Min	37,0 °C
Sp1	36,3 °C

Anexo 38

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

21/9/2023 12:13:08





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

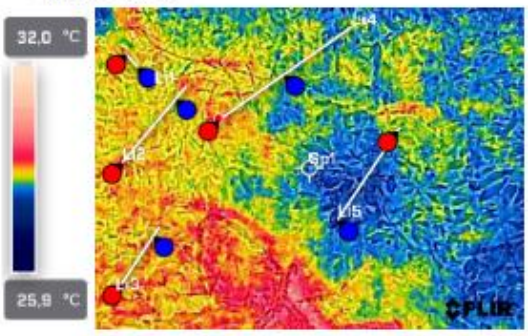
Measurements

Li1	
Max	29,5 °C
Avg	29,3 °C
Min	29,0 °C
Li2	
Max	29,4 °C
Avg	29,1 °C
Min	28,8 °C
Li3	
Max	29,0 °C
Avg	28,8 °C
Min	28,6 °C
Li4	
Max	28,9 °C
Avg	28,5 °C
Min	28,2 °C
Li5	
Max	29,5 °C
Avg	28,9 °C
Min	28,5 °C
Sp1	28,6 °C

Anexo 39

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

22/9/2023 12:13:04





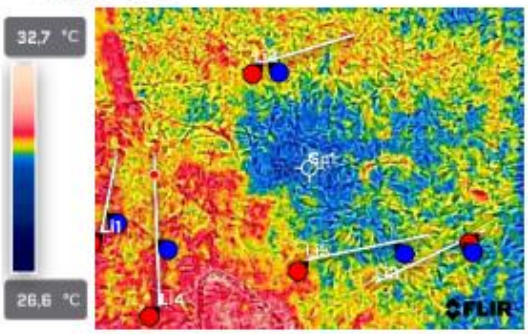
Parameters	
Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements	
Li1	
Max	29,1 °C
Avg	28,9 °C
Min	28,7 °C
Li2	
Max	29,2 °C
Avg	28,9 °C
Min	28,6 °C
Li3	
Max	29,3 °C
Avg	29,0 °C
Min	28,7 °C
Li4	
Max	29,2 °C
Avg	28,7 °C
Min	28,3 °C
Li5	
Max	28,7 °C
Avg	28,3 °C
Min	28,0 °C
Sp1	28,3 °C

Anexo 40

Reporte del punto 1 realizado con FLIR Thermal Studio

23/9/2023 12:17:53





Parameters

Emissivity	0,95
Distance	3,00 m
Reflected temp.	20,0 °C
Atmospheric temp.	20,0 °C
Relative humidity	51,0%
Ext. optics temp.	20,0 °C
Ext. optics trans.	1,00

Measurements

Li1	
Max	31,1 °C
Avg	30,6 °C
Min	30,2 °C
Li2	
Max	30,7 °C
Avg	30,4 °C
Min	30,1 °C
Li3	
Max	30,5 °C
Avg	30,2 °C
Min	29,9 °C
Li4	
Max	31,0 °C
Avg	30,6 °C
Min	30,1 °C
Li5	
Max	30,5 °C
Avg	30,1 °C
Min	29,9 °C
Sp1	30,0 °C