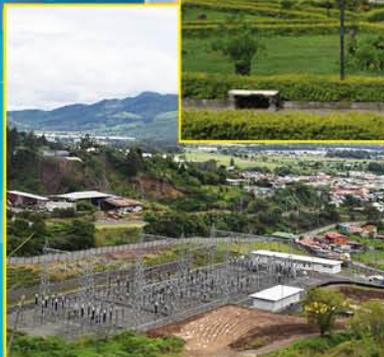


Ministerio de Ambiente y Energía  
Instituto Meteorológico Nacional  
Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas

# Climatología general del **cantón El Guarco** Provincia de Cartago



2017

*Coordinación:*

Roberto Villalobos Flores

*Producción y Edición:*

Katia Carvajal Tobar  
Nury Sanabria Valverde  
Marilyn Calvo Méndez

*Diseño y diagramación:*

Rodrigo Granados Jiménez

## ÍNDICE GENERAL

<b>DESCRIPCIÓN DEL CLIMA DEL CANTÓN EL GUARCO</b> .....	<b>3</b>
<b>1. GENERALIDADES</b> .....	<b>3</b>
1.1. Situación geográfica .....	3
1.2. Topografía .....	3
<b>2. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA</b> .....	<b>7</b>
2.1. Precipitación.....	7
2.2. Temperatura.....	13
2.3. Heliofanía.....	14
2.4. Radiación solar .....	20
2.5. Humedad relativa .....	23
2.6. Viento .....	24
2.7. Balance hídrico en el suelo .....	27

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Precipitación promedio mensual y extremos (mm), en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017 .....	8
Cuadro 2. Precipitación promedio decadal (mm) en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.....	10
Cuadro 3. Probabilidad de lluvia decadal (mm) en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.....	11
Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de precipitación decadal (mm), y año de ocurrencia. ....	12
Cuadro 5. Valores máximos de precipitación diaria (mm), año y día de ocurrencia en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017. ....	12
Cuadro 6. Estadísticas mensuales de días con lluvia en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.....	13
Cuadro 7. Promedios mensuales de temperaturas (°C) en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.....	13
Cuadro 8. Evapotranspiración potencial diaria (mm), en la estación Linda Vista, El Guarco.....	27
Cuadro 9. Balance hídrico mensual climático en la estación Linda Vista, El Guarco.....	28
Cuadro 10. Escorrentía acumulada promedio mensual (mm) en la estación Linda Vista, El Guarco.....	28

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la provincia de Cartago y del cantón El Guarco.....	4
Figura 2. Ubicación geográfica de los distritos del cantón El Guarco.....	5
Figura 3. Topografía del cantón El Guarco. ....	6
Figura 4. Precipitación promedio mensual en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.....	8
Figura 5. Distribución de la precipitación en el cantón El Guarco.....	9
Figura 6. Promedios mensuales de Temperaturas (°C) en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017. ....	14
Figura 7. Distribución de la temperatura máxima en el cantón El Guarco. ....	15
Figura 8. Distribución de la temperatura mínima en el cantón El Guarco.....	16
Figura 9. Distribución de la temperatura media en el cantón El Guarco.....	17
Figura 10. Promedios mensuales del brillo solar en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1988-2017. ....	18
Figura 11. Distribución promedio del brillo solar (h) en el cantón El Guarco. ....	19
Figura 12. Promedio mensual de radiación solar global en la estación ITCR, período 1997-2017. ....	21
Figura 13. Distribución de la radiación promedio anual en el cantón El Guarco.....	22
Figura 14. Promedios mensuales de humedad relativa en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1993-2017. ....	23
Figura 15. Valores promedio mensuales de velocidad de viento (km/h) en la estación automática ITCR, período 1974-2017.....	24
Figura 16. Velocidad del viento máximo horario (m/s) para el cantón El Guarco. ....	26
Figura 17. Distribución de la Evapotranspiración Potencial Anual en el cantón El Guarco. ....	29

# DESCRIPCIÓN DEL CLIMA DEL CANTÓN EL GUARCO

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. Situación geográfica

El Guarco es el cantón número ocho de la provincia de Cartago, el cual limita al Noroeste, Norte, Noreste, Este y Sureste con el cantón de Cartago, al Sur y Suroeste con el Cantón de Dota y al Oeste con el Cantón de Desamparados (Figura 1). La provincia de Cartago, es una de las provincias más pequeñas de Costa Rica, con un área de 3.124,67 kilómetros cuadrados (km<sup>2</sup>), está dividida en ocho cantones: Cartago, Paraíso, La Unión, Jiménez, Turrialba, Alvarado, Oreamuno y El Guarco.

El cantón El Guarco está conformado por cuatro distritos: El Tejar, Tobosi, San Isidro y Patio de Agua (Figura 2). La anchura máxima es de treinta y tres kilómetros, en dirección Noroeste a Sureste, desde el sector Norte de Tobosi hasta unos 2.800 metros (m) al Sureste del poblado Ojo de Agua, sobre la carretera Nacional Número 2, que une las ciudades El Tejar y San Isidro de El General. La estación meteorológica El Guarco está situada en la Finca Linda Vista S.R.L, a una altura de 1.400 metros sobre el nivel del mar (msnm). En las figuras 2 y 3 se representa la ubicación aproximada de la estación meteorológica El Guarco.

### 1.2. Topografía

La topografía en los alrededores de la estación meteorológica es plano ondulada en un radio de 10 kilómetros (km) en cualquier dirección (Figura 3). Pero el paisaje del cantón va de escarpado a muy escarpado, con una pendiente de entre 40-75%.

Seguidamente y en dirección de los puntos cardinales, el Valle El Guarco limita al Norte con las estribaciones del Volcán Irazú, al Este con los cerros Duan y Congo, al Sur con las estribaciones de la Cordillera de Talamanca (Cerro Vueltas y Alto Cedral), donde nacen los ríos Grande de Orosí (río Macho, Purisil, Tapantí y Palomo, con sus respectivos afluentes), y el río Navarro.

Al Oeste limita con el Cerro Tablazo y al Noroeste con el Collado de Ochomogo (Cerro de la Carpintera). El principal sistema de drenaje del valle lo constituye el río Reventazón que nace en el Cerro Cuericí, en las estribaciones del Noreste de la cordillera de Talamanca.

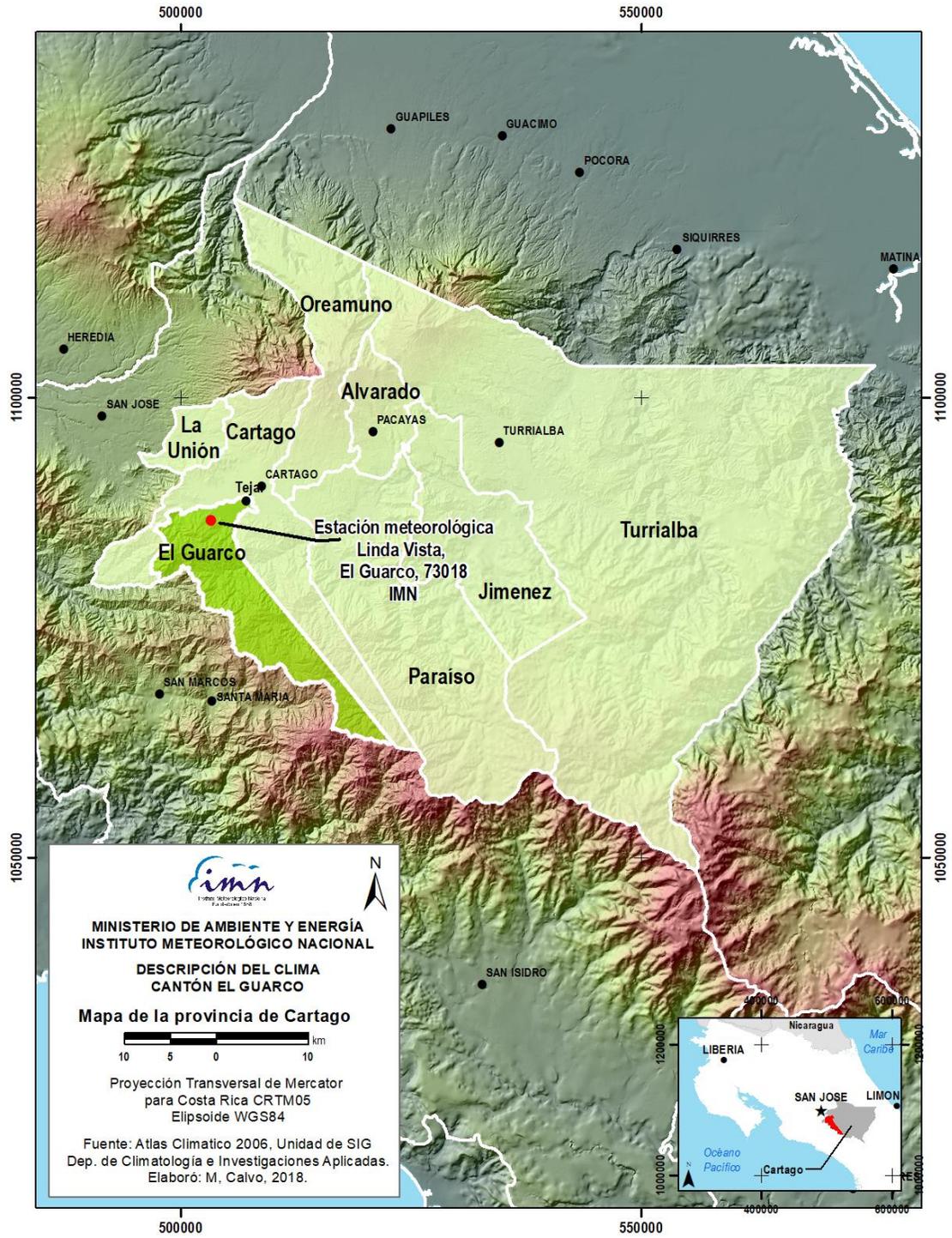


Figura 1. Ubicación geográfica de la provincia de Cartago y del cantón El Guarco.

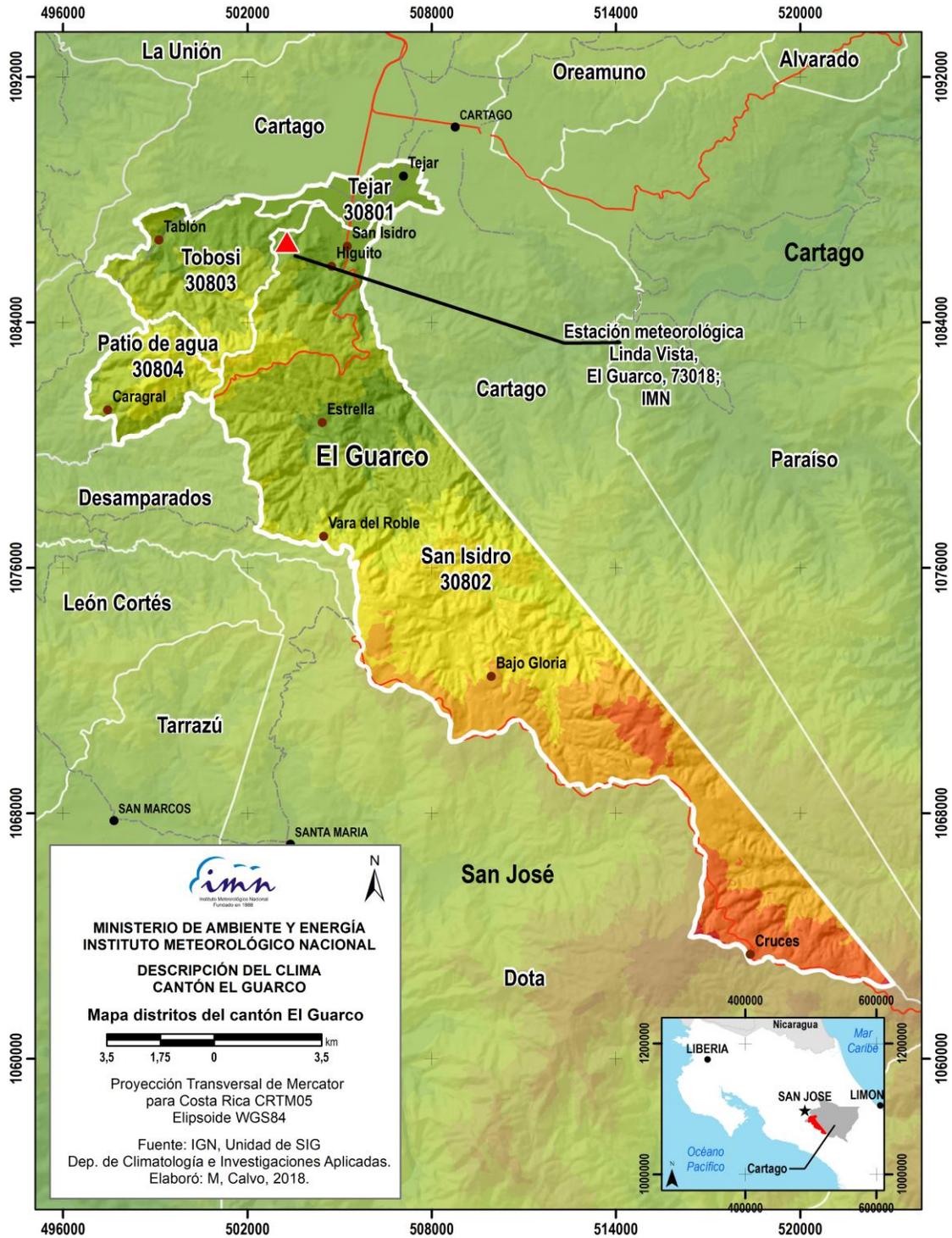
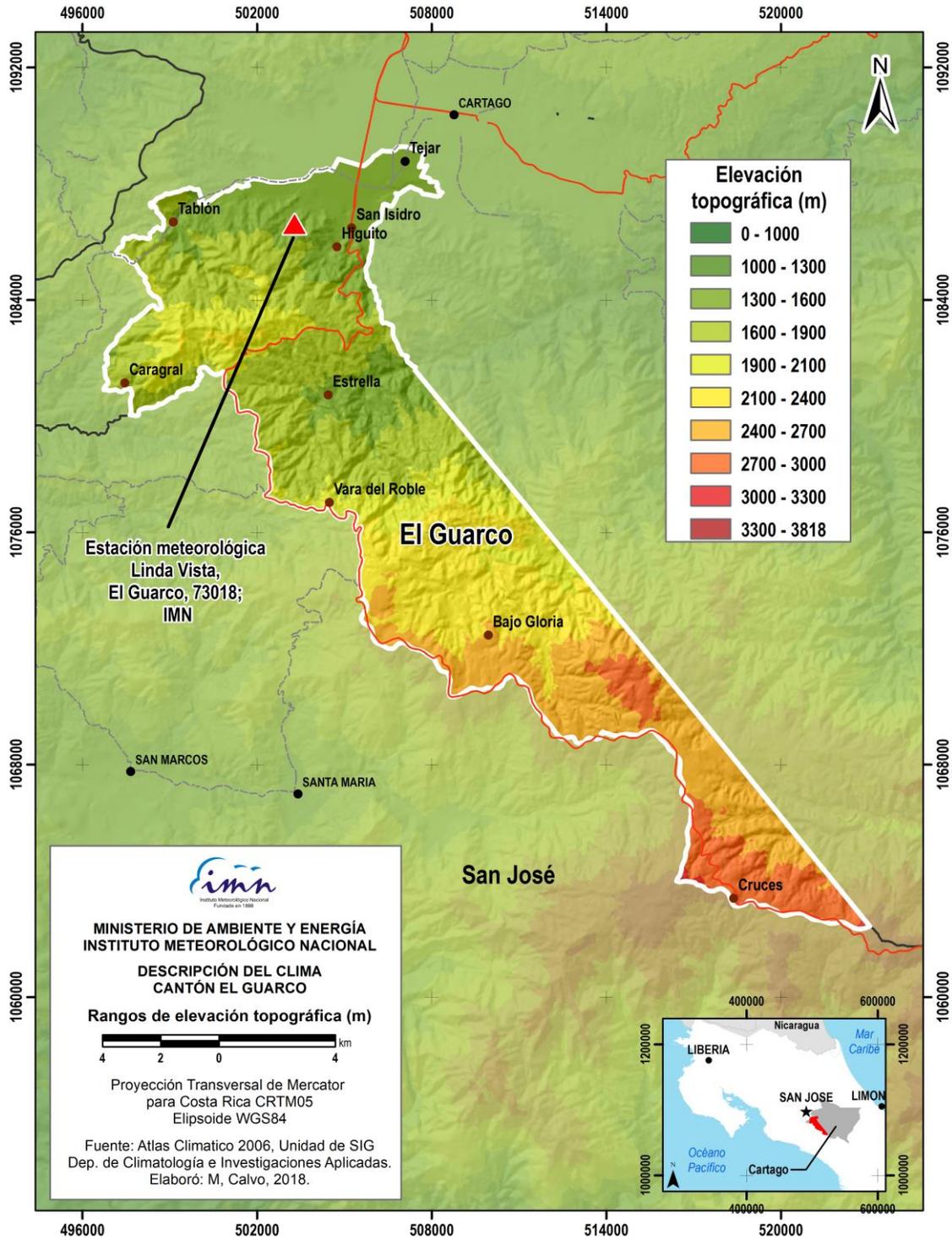


Figura 2. Ubicación geográfica de los distritos del cantón El Guarco .



## 2. DESCRIPCIÓN CLIMÁTICA

### 2.1. Precipitación

El Valle El Guarco es afectado por la influencia Caribe y Pacífica a la vez; el clima de esta región es propio de meseta, ya que combina el tipo de clima de las faldas del Caribe con el clima de las faldas del Pacífico. Se caracteriza por lluvias moderadas y con precipitaciones cercanas a los 1.500 milímetros (mm) por año, con 128 días con lluvia en promedio.

Con relación al tipo y cantidad de precipitación, presenta una influencia marcadamente Caribeña. Los vientos alisios del Noreste son los principales responsables de llevar humedad al Valle. Esto permite niveles pluviométricos altos capaces de sostener una vegetación y paisaje siempre verde, aún dentro del período más seco. Sin embargo, los vientos del Oeste del Pacífico influyen mucho en la estacionalidad de las lluvias, presentando períodos característicos de la vertiente pacífica: seco, lluvioso, transiciones y veranillo. En el mapa de tipos de clima de Costa Rica, se clasifica el clima de El Guarco como "tropical húmedo".

El instrumento más utilizado para medir la cantidad de lluvia en forma directa es el pluviómetro. Es uno de los aparatos más sencillos. Consiste de un cilindro generalmente construido de chapa galvanizada y zinc, con una boca receptora. El agua de lluvia cae a través de la boca a un recipiente colector por medio de un embudo, así el agua queda almacenada hasta la hora de la observación. También suelen utilizarse los pluviógrafos, que son aparatos registradores que además de medir la cantidad total de lluvia caída, nos indica la intensidad, o sea, los milímetros caídos por unidad de tiempo. En la actualidad se cuenta con estaciones automáticas, cuyos pluviómetros registran la información mediante pulsos eléctricos.

La precipitación promedio anual para un registro de 66 años es de 1.480,4 mm. Los meses de mayo (191,9 mm), junio (202,5 mm), setiembre (250,1 mm) y octubre (262,0 mm) suelen ser los más lluviosos, aportando el 13,0%, 13,7%, 16,9% y 17,7% respectivamente de la precipitación promedio anual, mostrando una distribución de la precipitación bimodal, característica de la Vertiente Pacífica. La estación seca se extiende desde diciembre hasta abril (Cuadro 1 y Figura 4).

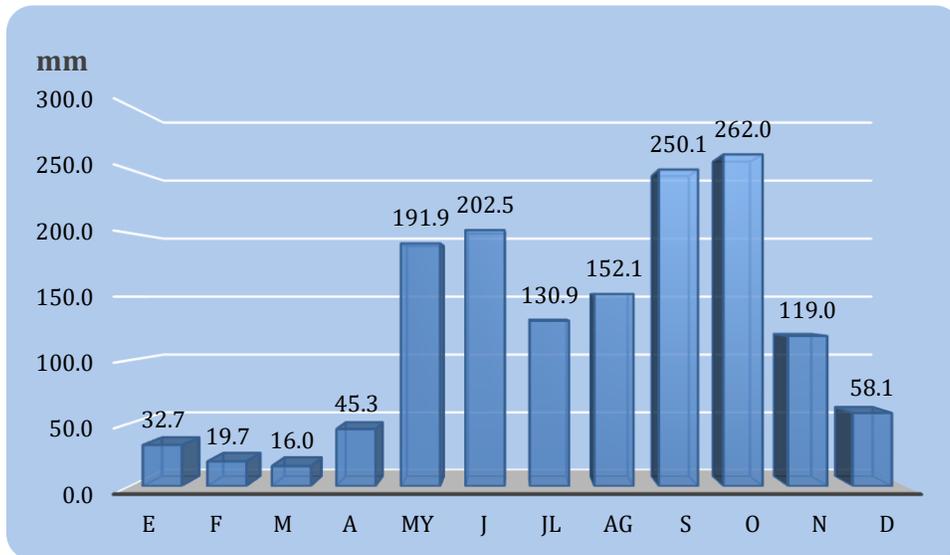
De acuerdo con la serie de datos de precipitación diaria, el máximo anual de precipitación acumulada se alcanzó en el año 1999 con 2.189,9 mm y el mínimo anual fue en el año 1986 con 946,0 mm.

**Cuadro 1. Precipitación promedio mensual y extremos (mm) en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.**

Mes	Valores Medios	Valores Máximo	Valores Mínimos
Enero	32,7	105,6 (2000)	0,0 (1983)
Febrero	19,7	74,6 (1992)	0,0 (1964)
Marzo	16,0	60,0 (1958)	0,0 (1964)
Abril	45,3	205,0 (1963)	0,0 (1975)
Mayo	191,9	472,2 (2017)	26,5 (1967)
Junio	202,5	449,7 (2003)	75,6 (2007)
Julio	130,9	287,2 (1998)	7,0 (1972)
Agosto	152,1	481,9 (1988)	20,0 (2015)
Septiembre	250,1	532,4 (1999)	56,6 (2012)
Octubre	262,0	536,7 (2011)	44,0 (1980)
Noviembre	119,0	254,0 (1969)	11,7 (1987)
Diciembre	58,1	267,0 (1970)	0,0 (1977)
<b>Promedio Anual</b>	<b>1.480,4</b>		

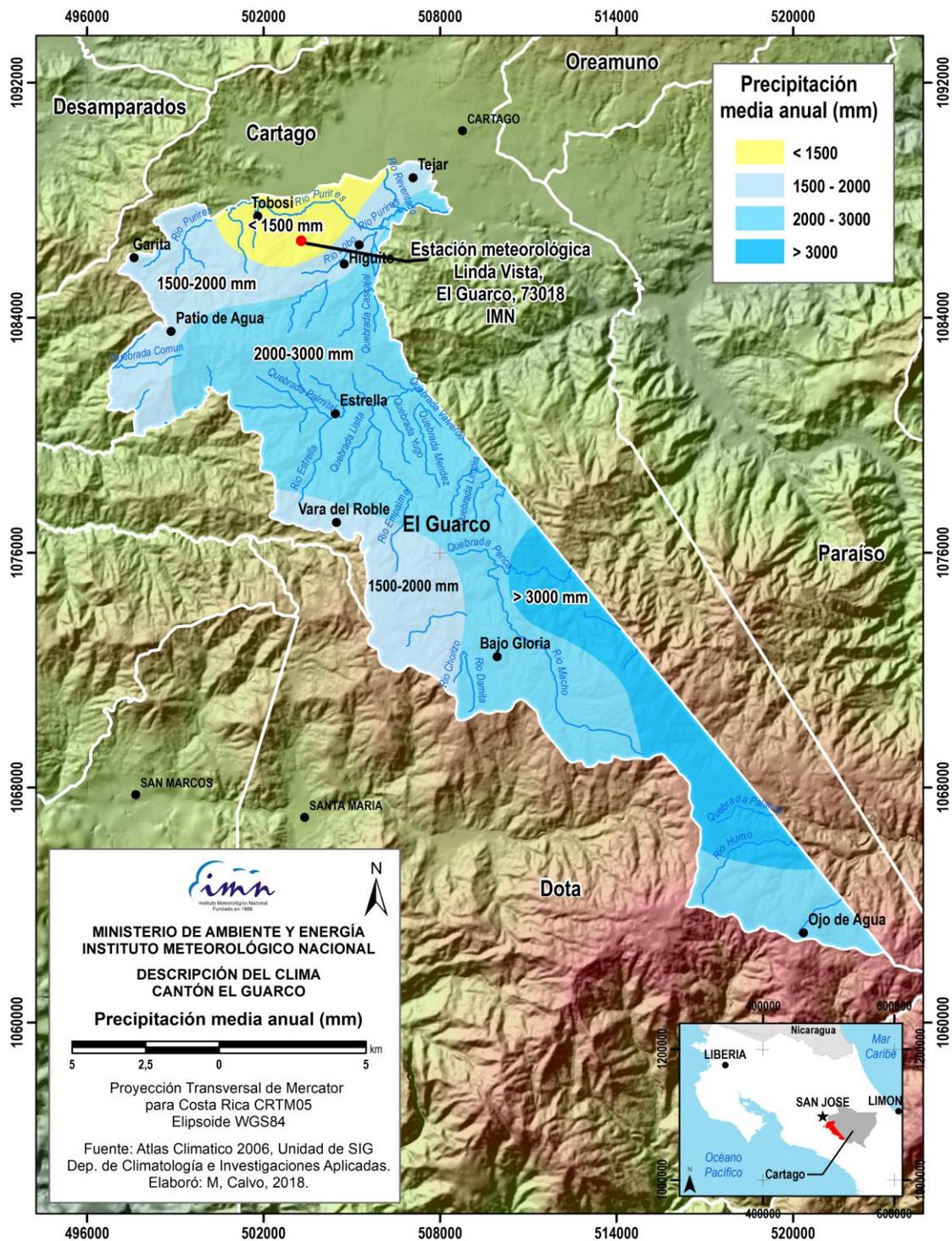
Fuente: IMN

Nota: Para el valor de mínimos puede que existan otros datos iguales, pero se cita la primera ocurrencia.



**Figura 4. Precipitación promedio mensual en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.**

La Figura 5 representa la distribución de la precipitación media anual en el cantón El Guarco. Puede observarse que las mayores precipitaciones se concentran entre las partes altas de Dota y Paraíso, en las estribaciones montañosas de la cordillera de Talamanca al Este del cantón.



**Figura 5. Distribución de la precipitación en el cantón El Guarco.**

En el Cuadro 2 se presenta el valor de la lluvia decadal promedio de cada una de las 36 décadas del año, para el registro de la estación desde 1951 al 2017. La década en este contexto significa un período de 10 días. Así un mes de 30 días es dividido en tres décadas de 10 días cada una. Si el mes es de 31 días, la primera y segunda década tendrán 10 días y la tercera 11 días. En el caso de febrero, la última década tiene ocho días en años normales y nueve en años bisiestos. El período decadal en aplicaciones agrícolas es de uso corriente, pues explica mejor el comportamiento de los cultivos en contraste con el mensual.

**Cuadro 2. Precipitación promedio decadal (mm) en la estación Linda Vista, El Guarco, período 1951-2017.**

Dec	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
1	12,2	7,5	6,2	8,9	39,7	86,9	41,5	36,6	70,5	82,8	48,9	23,9
2	9,5	6,7	5,2	15,9	54,4	64,3	43,6	42,7	77,4	103,0	36,0	22,1
3	11,1	5,4	4,5	20,5	97,8	51,3	45,9	72,8	102,2	76,2	34,1	12,0

Fuente: IMN

La serie de datos de precipitación decadal fue ordenada de menor a mayor para aplicarle la función de distribución empírica con un método de interpolación y así calcular la probabilidad. El método aplicado fue el que utiliza la hoja electrónica MS Excel, de acuerdo con el siguiente criterio estadístico:

$$\text{Valor percentil} = \begin{matrix} x_{j+1} & \text{si } g = 0 \\ x_{j+1} + g(x_{j+2} - x_{j+1}) & \text{si } g > 0 \end{matrix}$$

Donde:

- j es la parte integral de  $(n-1)p$
- g es la parte fraccional de  $(n-1)p$
- n es el número de casos
- p es el valor percentil dividido entre 100

En el Cuadro 3 se presenta la cantidad de lluvia decadal acumulada para 10 niveles de probabilidad (10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100%). De acuerdo con la necesidad del usuario, deberá seleccionarse el nivel de probabilidad o la cantidad de precipitación.

En la agricultura, el inicio de las lluvias es muy importante, a menudo se utiliza la precipitación al 75% como parámetro de comparación, pero si se hace para 70% en el mes de mayo se puede decir que para la primera década existe un 70% de probabilidad de que la precipitación sea igual o menor a 44,4 mm, para la segunda el acumulado sería igual o menor a 78,7 mm y para la tercera igual o menor a 120,2 mm. Estos datos también pueden interpretarse como el evento contrario, es decir, hay 30% de probabilidad de que la lluvia sea mayor a 44,4 mm en la primera década, mayor a 78,7 mm en la segunda y mayor a 120,2 mm en la tercera.

Otro ejemplo de interpretación es que para la tercera década de junio hay una probabilidad del 70% de que haya un acumulado de lluvia de 58,9 mm o menos, o un 30% de probabilidad de que la lluvia sea mayor a 58,9 mm.

**Cuadro 3. Probabilidad de lluvia decadal (mm) en la estación Linda Vista,  
El Guarco; período 1957-2017.**

<b>%</b>	<b>Dec</b>	<b>E</b>	<b>F</b>	<b>M</b>	<b>A</b>	<b>My</b>	<b>J</b>	<b>Jl</b>	<b>Ag</b>	<b>S</b>	<b>O</b>	<b>N</b>	<b>D</b>
<b>10</b>	<b>1</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	27,2	12,4	6,8	14,8	25,6	5,3	0,0
	<b>2</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	18,5	9,0	9,0	17,1	30,4	1,6	1,0
	<b>3</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	29,3	21,1	11,6	16,5	23,8	19,0	5,8	0,0
<b>20</b>	<b>1</b>	1,2	0,0	0,0	0,0	2,2	39,8	17,1	10,7	29,2	42,1	16,1	2,0
	<b>2</b>	1,4	0,0	0,0	0,0	7,5	33,0	16,9	14,8	28,4	46,9	8,1	2,3
	<b>3</b>	1,1	0,0	0,0	0,0	46,7	25,8	16,7	27,4	35,1	33,3	9,0	1,1
<b>30</b>	<b>1</b>	4,9	0,3	0,5	0,2	8,5	55,4	20,6	15,7	36,2	49,3	20,3	5,6
	<b>2</b>	2,7	0,4	0,0	0,6	15,6	38,9	23,1	19,2	49,0	72,5	13,8	5,7
	<b>3</b>	2,7	0,2	0,0	1,7	56,3	32,1	26,3	40,6	53,3	52,5	14,4	2,0
<b>40</b>	<b>1</b>	6,6	2,9	1,3	1,0	17,4	67,7	23,4	24,3	44,8	65,8	28,4	11,2
	<b>2</b>	4,0	3,2	0,5	1,0	24,1	44,4	32,8	29,5	59,7	83,2	19,6	8,6
	<b>3</b>	5,4	1,0	0,0	2,8	69,0	37,7	33,2	56,0	76,8	69,2	18,6	3,0
<b>50</b>	<b>1</b>	7,3	4,0	2,9	2,1	28,0	86,9	32,0	28,0	53,5	78,1	36,0	14,8
	<b>2</b>	5,0	4,5	1,5	4,0	37,1	50,5	36,5	33,8	78,2	92,0	28,0	14,0
	<b>3</b>	7,0	2,1	1,0	4,5	97,8	46,9	41,5	64,8	98,3	75,5	24,0	6,5
<b>60</b>	<b>1</b>	8,9	5,8	4,2	3,8	37,5	93,0	41,6	36,6	73,3	93,4	47,4	21,2
	<b>2</b>	7,7	6,0	3,2	6,3	53,6	63,0	42,1	42,9	87,2	105,5	34,8	20,7
	<b>3</b>	8,3	4,0	1,5	10,2	104,4	51,9	45,4	72,8	118,2	81,6	29,3	10,0
<b>70</b>	<b>1</b>	12,0	9,0	6,3	8,7	44,4	104,6	52,0	43,6	97,5	107,8	59,5	31,1
	<b>2</b>	10,1	8,0	4,2	11,3	78,7	74,2	54,1	50,5	98,1	127,3	44,6	29,7
	<b>3</b>	12,1	5,5	3,1	16,6	120,2	58,9	56,3	82,4	127,8	98,0	33,6	12,3
<b>80</b>	<b>1</b>	20,3	11,5	10,7	14,2	58,7	121,2	64,4	54,2	110,9	128,6	75,8	42,4
	<b>2</b>	17,4	11,7	6,0	28,5	96,8	93,3	65,5	63,4	118,4	139,9	54,3	35,6
	<b>3</b>	18,4	7,4	4,7	29,9	142,5	72,0	66,6	109,1	150,4	114,0	55,2	19,4
<b>90</b>	<b>1</b>	35,0	19,0	18,2	26,2	94,7	151,4	77,0	82,2	144,1	145,6	102,5	54,0
	<b>2</b>	21,4	16,2	18,7	48,5	124,6	122,4	82,8	85,2	140,4	200,8	72,4	47,6
	<b>3</b>	32,7	15,5	15,4	60,2	177,7	89,7	79,2	142,9	189,0	137,0	84,6	28,5
<b>100</b>	<b>1</b>	61,4	66,1	38,1	101,0	233,5	240,0	190,9	155,7	199,3	195,1	201,4	125,0
	<b>2</b>	85,8	41,2	38,3	154,0	213,0	321,0	141,1	160,9	217,9	263,8	170,3	112,0
	<b>3</b>	61,5	35,5	58,0	203,5	323,4	169,4	175,0	270,0	314,4	178,7	172,0	90,0

Fuente: IMN

Los valores extremos de los registros de precipitación decadal de la estación de Linda Vista, El Guarco, son presentados en el Cuadro 4. La tercera década el mes de mayo de 2008, según los registros disponibles, ha sido la más lluviosa con 323,4 mm. En cuanto a las décadas con mínimos de precipitación, hay muchos valores nulos (0,0) entre noviembre y mayo, pero principalmente en los meses de enero, febrero, marzo y abril, que como es sabido coinciden con el período menos lluvioso.

**Cuadro 4. Valores máximos y mínimos de precipitación decadal (mm) y año de ocurrencia.**

Variable	Dec	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
Máxima	1	61,4	66,1	38,1	101,0	233,5	240,0	190,9	155,7	199,3	195,1	201,4	125,0
Año		2015	1992	1998	1970	1974	1967	1998	1987	1955	1998	2004	1970
Mínima		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,5	3,5	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0
Año		1969	1961	1957	1958	1960	2007	1980	1983	2009	1989	1980	1968
Máxima	2	85,8	41,2	38,3	154,0	213,0	321,0	141,1	160,9	217,9	263,8	170,3	112,0
Año		2000	1996	1990	1963	1957	2003	1987	1995	2010	1955	2015	1970
Mínima		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Año		1964	1961	1952	1957	1979	1978	1983	1983	1982	1980	1966	1963
Máxima	3	61,5	35,5	58,0	203,5	323,4	169,4	175,0	270,0	314,4	178,7	172,0	90,0
Año		1958	1966	1958	1997	2008	2009	1964	1988	2017	2003	1969	1966
Mínima		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,5	0,0	1,6	7,5	0,0	0,0	0,0
Año		1964	1954	1961	1958	1985	1957	1972	1952	1988	1976	1972	1964

Fuente: IMN. Nota: Para el valor de la mínima puede que existan otros datos iguales, pero se cita la primera ocurrencia.

Respecto a las estadísticas diarias, el Cuadro 5 presenta los días más lluviosos de cada mes, haciendo referencia al año de ocurrencia. El máximo de precipitación diaria que se ha presentado en la estación de El Guarco es el 13 de octubre de 1955 con un total de 136,4 mm.

**Cuadro 5. Valores máximos de precipitación diaria (mm), año y día de ocurrencia en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017.**

Variable	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
Máximo	25,0	32,9	36,7	105,0	103,0	92,0	85,4	71,1	99,0	136,4	77,0	74,0
Año	1957	1992	1998	1963	1956	1956	1987	1981	1969	1955	1968	1969
Día	26	9	7	11	23	5	19	26	30	13	24	16

Fuente: IMN

En el Cuadro 6 se presentan las estadísticas respecto a los promedios, máximos y mínimos mensuales de días con lluvia (precipitación > 1,0 mm). Puede observarse que los meses con mayor número de días con lluvia en promedio son junio, setiembre y octubre, con 17 días cada uno. En junio de 1975 se registró un máximo de 23 días con lluvia y un mínimo de 10 días en 1984, en 1999 el mes de setiembre alcanzó un máximo de 27 días con lluvia y en 1982 registró un mínimo de 6 días con lluvia, octubre presentó un máximo de 27 días en 2005 y un mínimo de 6 días en 1989.

**Cuadro 6. Estadísticas mensuales de días con lluvia en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017.**

Variable	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
<b>Promedio</b>	7	7	3	6	13	17	13	14	17	17	12	8
<b>Máx.</b>	17	15	11	21	23	23	21	25	27	27	23	21
<b>Mín.</b>	0	2	0	1	3	10	2	4	6	6	3	0
<b>Med.</b>	6	6	3	5	13	17	13	13	18	17	12	8

Fuente: IMN

## 2.2. Temperatura

Para medir la intensidad del calor de un cuerpo se utilizan los termómetros, cuya unidad de medida es el grado Celsius (°C). El estudio de la temperatura del aire es importante, ya que sus variaciones son la causa inicial de gran número de fenómenos meteorológicos.

La temperatura promedio mensual en El Guarco presenta poca variación de un mes a otro, alcanza el valor más alto en mayo, pero sí ocurre una apreciable oscilación en cualquier mes entre la temperatura máxima y la mínima del día. En promedio, la oscilación anual es de aproximadamente 10,0 °C. La máxima promedio anual es de 24,4 °C, la mínima promedio anual es 14,0 °C y el promedio anual es de 18,6 °C. En el Cuadro 7 y la Figura 6 se presentan los datos de temperaturas máximas y mínimas promedio mensual, y las temperaturas promedio mensuales.

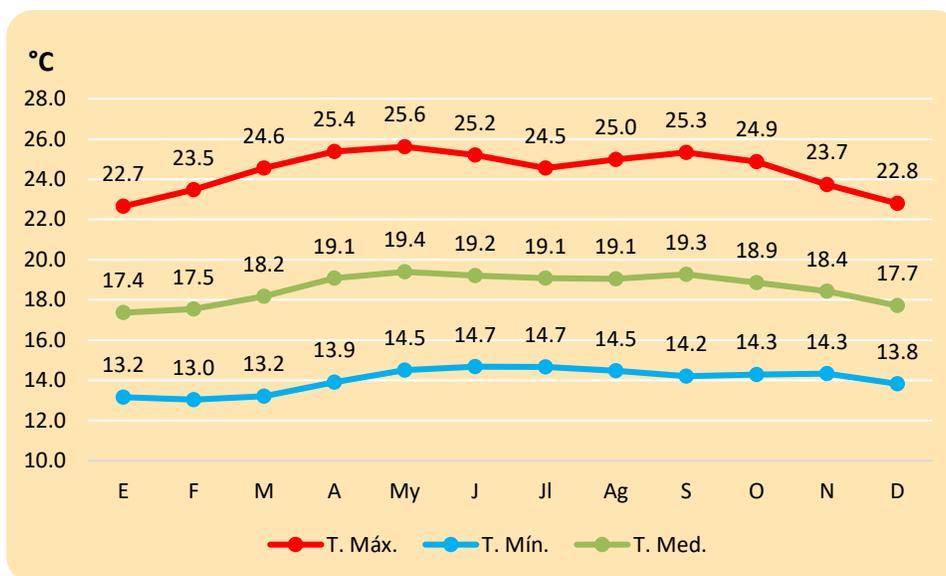
**Cuadro 7. Promedios mensuales de temperaturas (°C) en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017.**

Variable	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
<b>Máx.</b>	22,7	23,5	24,6	25,4	25,6	25,2	24,5	25,0	25,3	24,9	23,7	22,8
<b>Mín.</b>	13,2	13,0	13,2	13,9	14,5	14,7	14,7	14,5	14,2	14,3	14,3	13,8
<b>Med.</b>	17,4	17,5	18,2	19,1	19,4	19,2	19,1	19,1	19,3	18,9	18,4	17,7

Fuente: IMN

La temperatura mínima absoluta más baja históricamente en la serie de datos de la estación de Linda Vista, El Guarco ha sido de 10,1 °C en marzo de 1960, y la mínima absoluta más alta ha sido 17,3 °C en junio de 2015. En cuanto a las temperaturas máximas absoluta, la más alta ha sido 29,5,0 °C en junio de 1966, y la máxima más baja ha sido de 19,7 °C en febrero de 2016.

En las figuras 7, 8 y 9 se puede observar la distribución de las temperaturas máxima, mínima y media anual, respectivamente, en el cantón El Guarco, lo cual complementa la información mensual del cuadro 7.



**Figura 6. Promedios mensuales de Temperaturas (°C) en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1951-2017.**

Puede observarse en la figura 7 que las máximas se concentran hacia la región noroccidental, entre los distritos de Patio de agua y Tobosi. Las mínimas se concentran hacia las partes altas de las estribaciones de la cordillera de Talamanca, como la región de Ojo de agua. Las medias se concentran hacia el Norte de la cordillera de Talamanca, a media montaña.

### 2.3. Heliofanía

El estudio relativo a la determinación del tiempo durante el cual un lugar ha recibido radiación directa se denomina Heliofanía (helio= sol y fanis= resplandor). Es la medición de la duración de la luz solar directa (brillo solar) sobre un lugar, La cantidad de horas y décimos en que la luz del sol alcanzaría un lugar, por latitud y por época del año, se denomina Heliofanía teórica o astronómica, y se obtiene de tablas. La luz solar directa puede ser interrumpida por las nubes y nieblas principalmente, razón por la cual, la cantidad de luz solar directa que en realidad alcanza un lugar se llama Heliofanía efectiva.

El heliógrafo es el instrumento que permite cuantificar la Heliofanía efectiva, al pasar los rayos solares a través de una esfera de cristal que actúa como lente convergente, estos quemar una faja de papel graduado en horas y fracciones de hora. Como la duración del día varía en el curso del año, es necesario usar fajas de distintas longitudes.

El total de horas de brillo solar de un lugar es uno de los factores que determinan el clima de esa localidad. Este elemento meteorológico es importante en casi todas las formas de actividad y empresas humanas. Sectores como el agrícola, forestal, turismo, construcción, deportes y energía, dependen y planifican aspectos del cumplimiento de sus programas y actividades futuras sobre la perspectiva de disponer de suficiente horas de brillo solar durante el día.

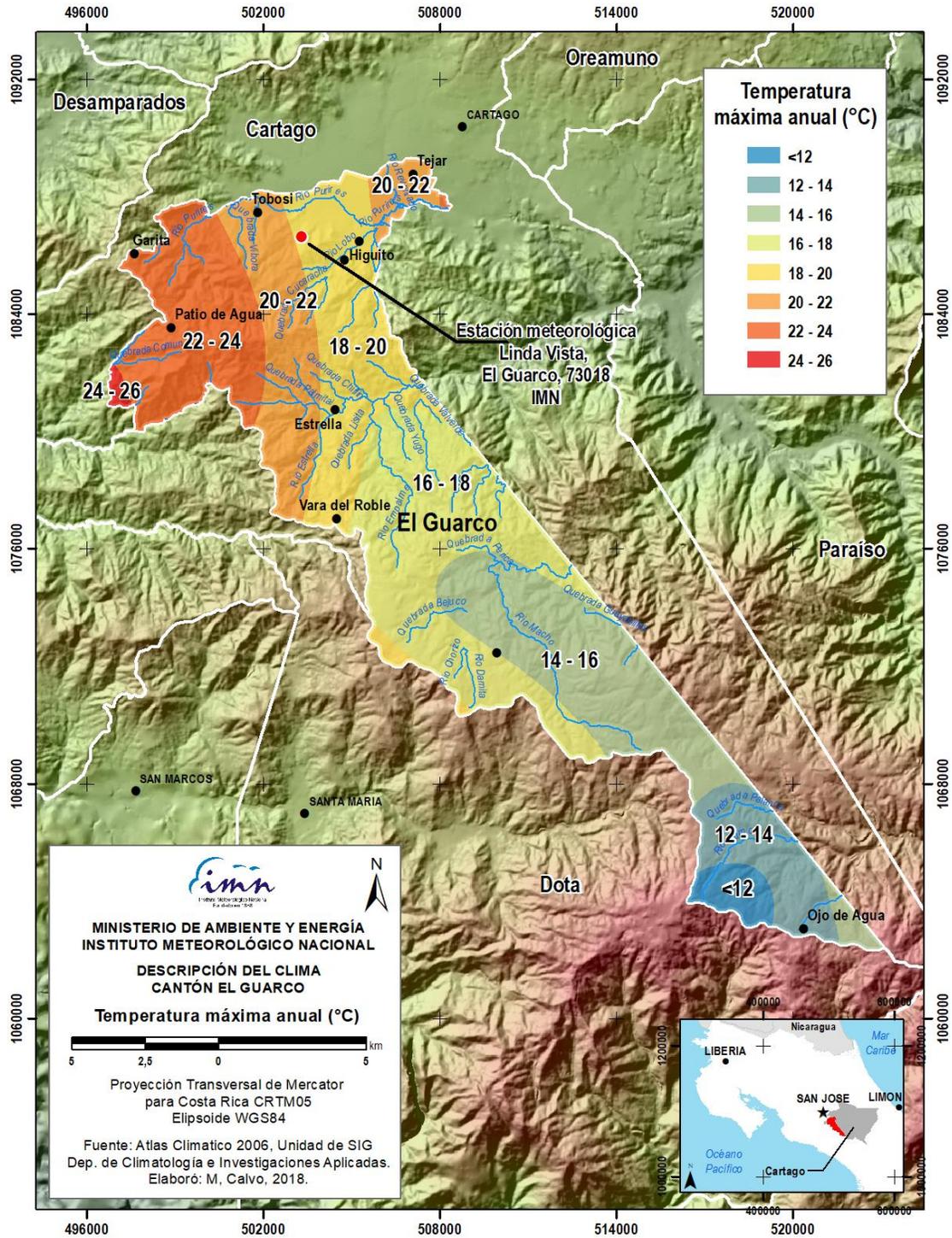


Figura 7. Distribución de la temperatura máxima en el cantón El Guarco.

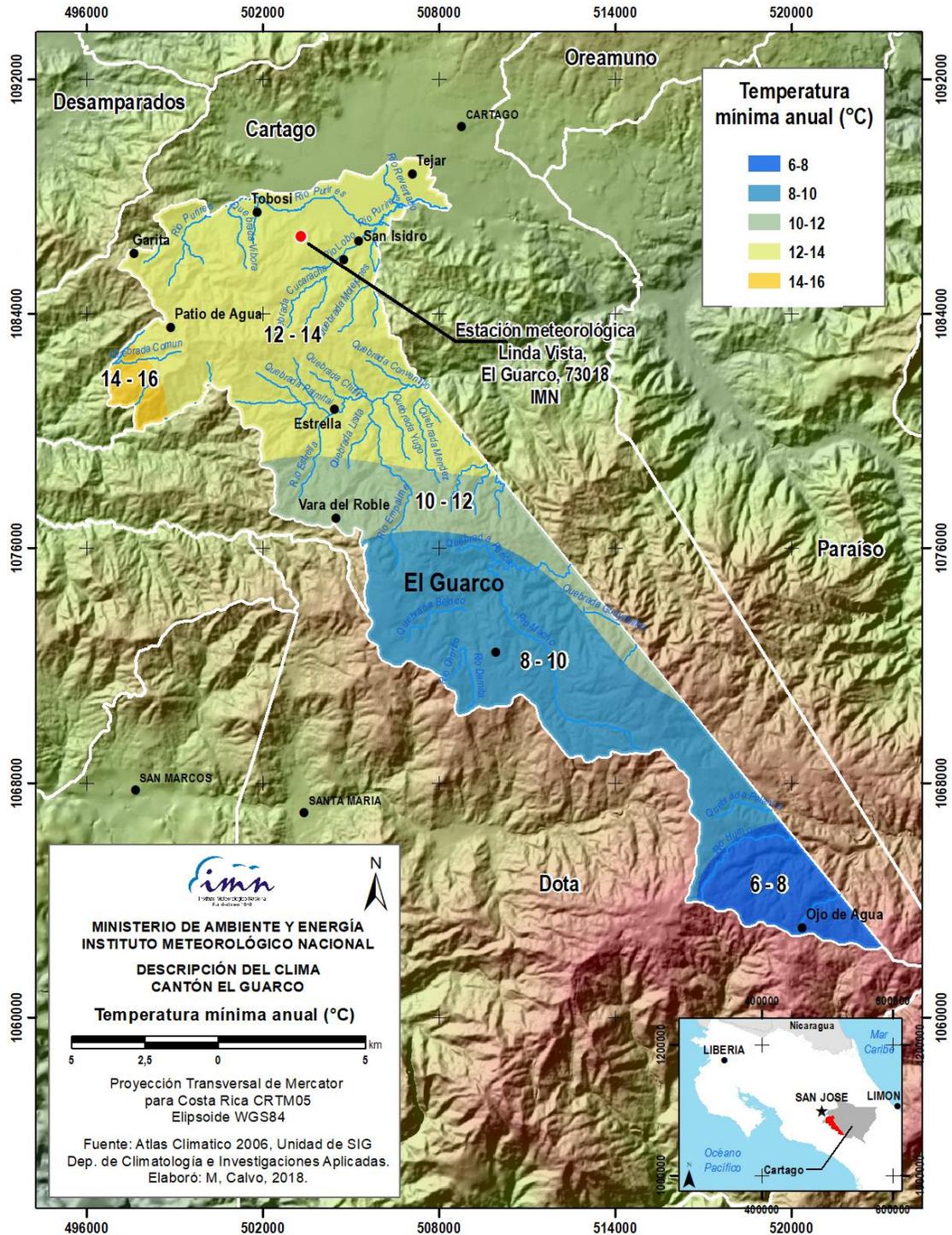


Figura 8. Distribución de la temperatura mínima en el cantón El Guarco.

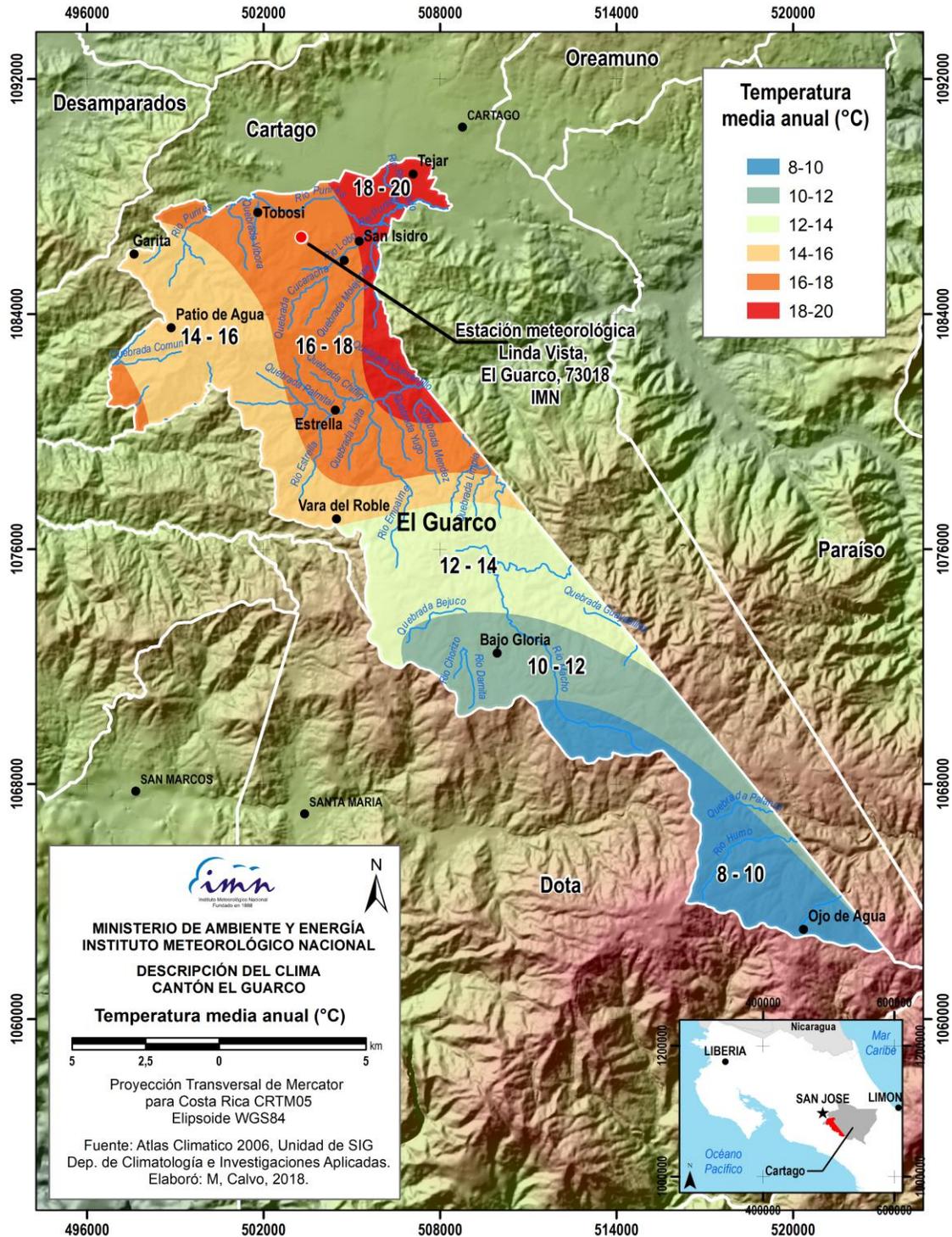
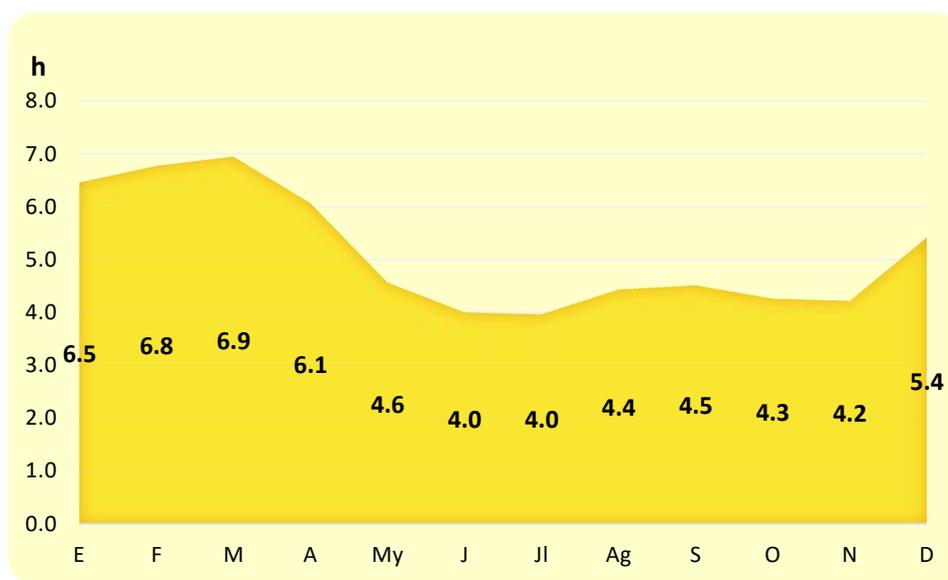


Figura 9. Distribución de la temperatura media en el cantón El Guarco.

El conocimiento adecuado del régimen de brillo solar permite, además, estimar la nubosidad y radiación solar de forma que se pueda tener una idea sobre las posibilidades que existen en el país para el aprovechamiento de la energía solar.

En la región del cantón El Guarco (coordenadas 09°43'57" latitud Norte y 83°54'51" longitud Oeste), el sol puede brillar como máximo 8,9 horas en febrero y como mínimo 1,5 horas por día en julio, en ausencia de nubes. Sin embargo, la abundante nubosidad reduce las horas de sol astronómicamente posibles.

Los meses más soleados son diciembre, enero, febrero, marzo y abril, con aproximadamente 6,6 horas de sol por día; los meses más nublados son de junio a noviembre que registran en promedio, 4,2 horas de brillo solar. En la Figura 10 se puede observar los promedios de horas de sol para cada mes del año, y en la Figura 11 la distribución espacial del promedio anual de la serie de datos. Pudiendo observarse que el promedio anual tiende a ser mayor en topografías más planas y menos montañosas, al Norte del cantón.



**Figura 10. Promedios mensuales del brillo solar en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1988-2017.**

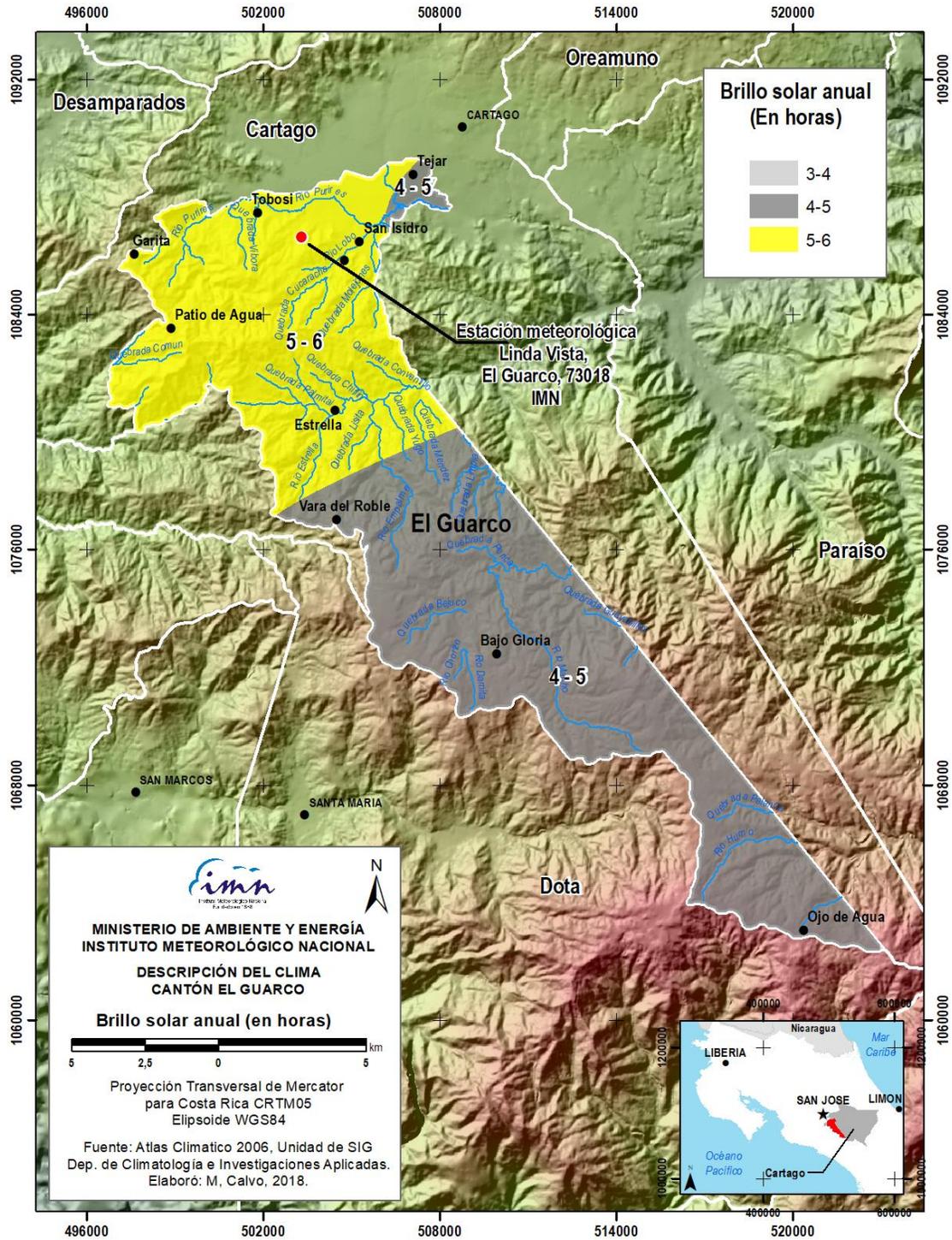


Figura 11. Distribución promedio del brillo solar (h) en el cantón El Guarco.

## 2.4. Radiación solar

La radiación es una forma de transmisión de energía. En cualquier punto de la tierra la cantidad diaria de radiación solar recibida por  $m^2$  de suelo horizontal varía según la época del año. La radiación solar sufre ciertas transformaciones al incidir sobre la atmósfera, las siguientes definiciones ayudan a aclarar estos conceptos.

Se conoce como radiación directa a la que se recibe directamente del Sol, sin sufrir ninguna dispersión atmosférica. La radiación al tope de la atmósfera es por tanto, radiación directa.

La radiación difusa es la que se recibe del Sol después de ser desviada por dispersión atmosférica, Es radiación difusa la que se recibe a través de las nubes, así como la que proviene del cielo azul. De no haber radiación difusa, el cielo se vería negro aun de día, como sucede por ejemplo en la Luna.

Por otro lado, se conoce como radiación terrestre a la que proviene de objetos terrestres, por ejemplo, la que refleja una pared blanca, un lago, etc.

Se conoce como radiación total a la suma de las radiaciones directa, difusa y terrestre que se reciben sobre una superficie. Por ejemplo, sobre una pared o una ventana, incide la radiación directa del Sol, la difundida por las nubes y por el cielo y, además, puede entrar la luz reflejada por algún otro objeto frente a la pared o ventana.

Un caso particular, pero de mucho interés práctico en el estudio de la energía solar, es medir la radiación total sobre una superficie horizontal "viendo" hacia arriba. En este caso puede considerarse que no existe radiación terrestre y se conoce también como radiación global.

Por tanto, la radiación global es la suma de la directa más la difusa. El instrumento más convencional para la toma de datos fiables es el piranómetro, que permite medir la intensidad de la radiación solar que incide sobre una superficie. Generalmente, se monta horizontalmente midiendo la radiación solar horizontal total.

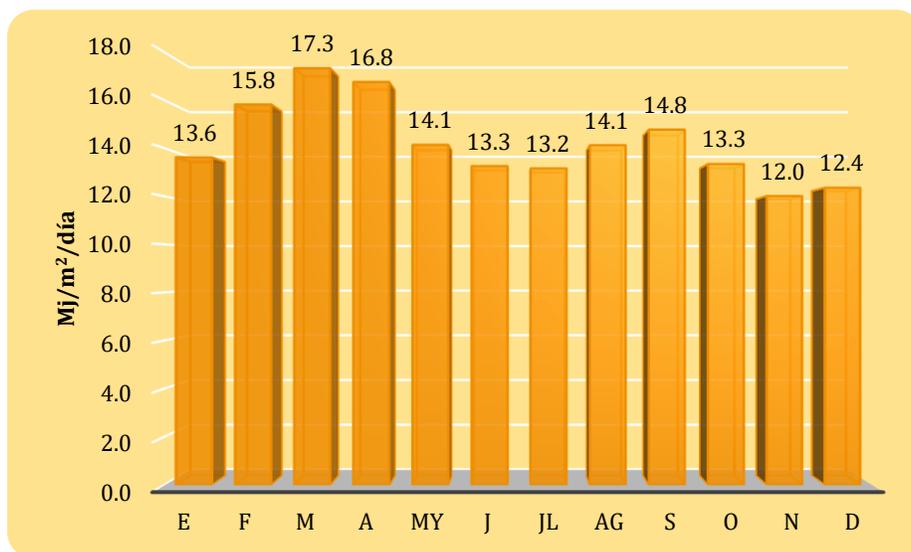
También puede medirse sólo la radiación difusa si se obstruye la radiación directa en su recorrido aparente mediante un estrecho anillo convenientemente situado.

Otro instrumento más sofisticado es el pirheliómetro, que mide la radiación directa normal, por lo que es necesario enfocarlo directamente al sol en su movimiento. Este aparato de precisión permite estudiar bandas del espectro mediante el uso de filtros.

En la Figura 12 se presenta la radiación solar global promedio mensual registrada en la estación automática del Instituto Tecnológico de Costa Rica (período 1997-2017), ubicada también en el cantón El Guarco. De los valores promedio mensuales puede observarse que hay una variación de estos entre  $12,0$  a  $17,3$   $MJ/m^2/día$  a lo largo del año.

En los meses de mayor radiación (febrero, marzo y abril), se reciben aproximadamente 16,3 MJ/m<sup>2</sup>/día, y en los meses de menor radiación (noviembre y diciembre) se registran entre 12,0 y 12,4 MJ/m<sup>2</sup>/día respectivamente. La Figura 13 complementa a la figura 12 y representa la distribución promedio anual de la radiación solar global en el cantón El Guarco.

Puede observarse como la radiación sigue una distribución areal semejante a la del brillo solar, siendo más intensa la radiación promedio anual en las zonas con topografías más planas y de menor altura sobre el nivel del mar. Puede considerarse que los distritos de Patio de agua y Tobosi reciben más radiación global a través del año.



**Figura 12. Promedio mensual de radiación solar global en la estación ITCR, período 1997-2017.**

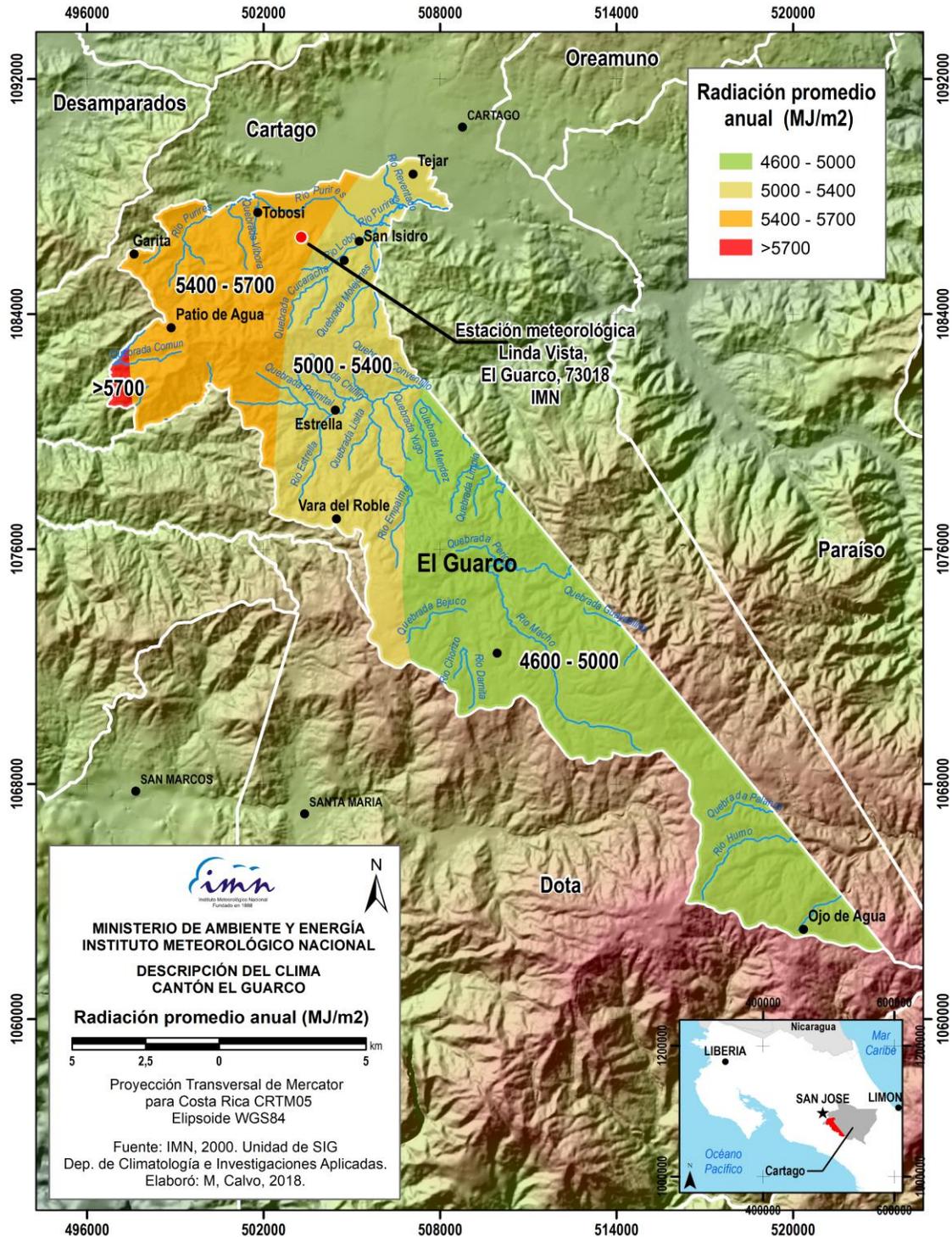


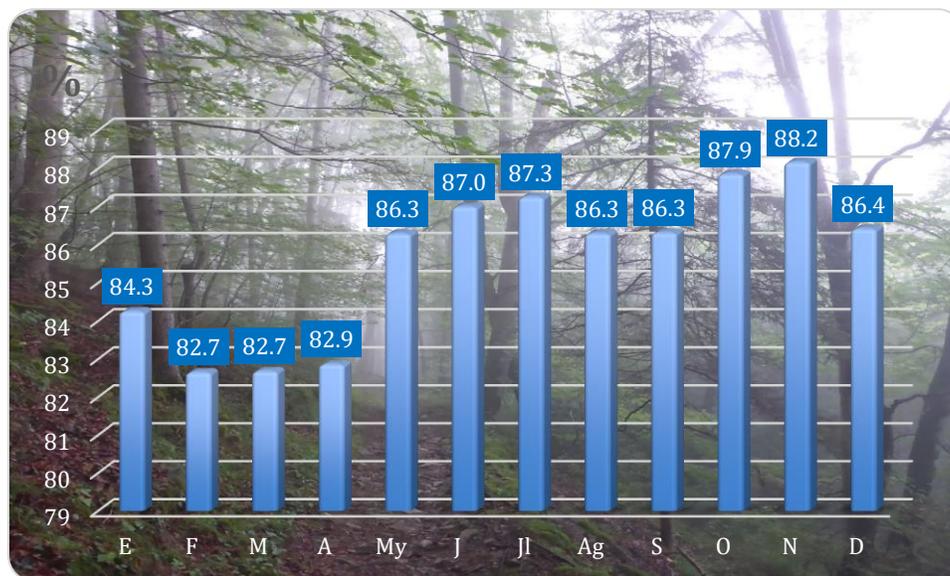
Figura 3. Distribución de la radiación promedio anual en el cantón El Guarco (MJ/m<sup>2</sup>).

## 2.5. Humedad relativa

El aire contiene en mayor o menor proporción una determinada cantidad de agua bajo la forma gaseosa o de vapor de agua. Esta cantidad puede ser medida y expresada en distintas formas para indicar el grado de humedad del aire, Las partículas de vapor de agua presentes en el aire poseen una masa y por consiguiente tienen un peso. Si establecemos la relación porcentual entre el contenido real o actual de humedad y el contenido máximo admisible a una temperatura dada, estaremos expresando el grado de humedad de la masa bajo la forma conocida como humedad relativa. La humedad relativa se expresa siempre en porcentaje y su valor difícilmente puede exceder el 100%.

La humedad relativa es útil como indicador de la evaporación, transpiración y probabilidad de lluvia convectiva. En prácticas agrícolas, principalmente cuando se manejan hortalizas y frutas, el manejo de la humedad relativa del ambiente de almacenamiento es muy importante. La pérdida de agua del producto se asocia generalmente con una pérdida de calidad, debido a que puede haber cambios visuales, tales como el marchitamiento o arrugado, así como cambios de textura. Vale la pena recordar que la pérdida de agua no siempre es indeseable; por ejemplo, es recomendable si el producto se destina a la deshidratación o al enlatado.

La humedad relativa durante los meses más secos alcanzan un valor promedio diario de 82,7 % (febrero y marzo), y en los meses de octubre y noviembre sube en promedio a 88,0%. En la Figura 14 se muestran los valores promedio mensual de humedad relativa para el período 1993-2017.



**Figura 14. Promedios mensuales de humedad relativa en la estación Linda Vista, El Guarco; período 1993-2017.**

## 2.6. Viento

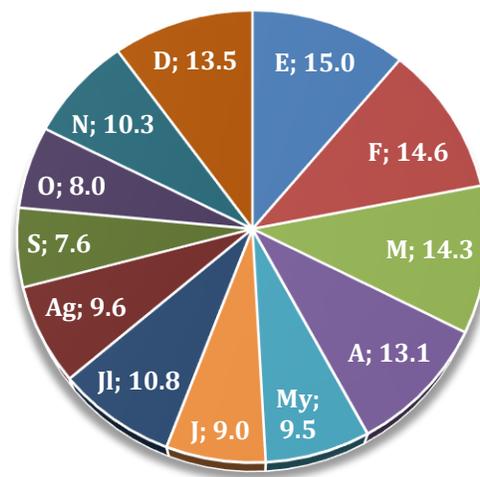
El viento es el aire en movimiento y, como tal, tiene dirección y velocidad. La dirección se indica por el punto de donde procede, la velocidad es la distancia recorrida por una partícula de aire en la unidad de tiempo (m/s, km/h, nudo). La velocidad del viento se mide por medio de instrumentos llamados anemómetros y la dirección del mismo se observa con la ayuda de la veleta.

Los vientos formados en la atmósfera terrestre pueden adquirir distintas velocidades, desde una simple brisa, a tornados y huracanes, dependiendo de las condiciones ambientales. Es generado por las diferencias de temperatura que existen en la Tierra. Los océanos y otras grandes masas de agua se calientan y se enfrían a diferentes velocidades que las grandes masas de tierra. Esto causa unas diferencias en la presión que se llaman gradientes de presión. El aire se mueve de áreas de alta presión hacia áreas de baja presión, lo cual crea el viento.

La energía del viento se emplea ampliamente en la agricultura, principalmente en la utilización de motores eólicos y molinos de viento. Por otra parte, el viento constituye uno de los factores climáticos que afectan el desarrollo de las plantas, la propagación de semillas, esporas, polen, etc.

Las corrientes de viento interfieren con la actividad y distribución de los insectos, la propagación de enfermedades criptogámicas (que se reproducen por esporas), el volcamiento de cultivos, la erosión eólica, así como en los procesos de evaporación desde la superficie del suelo y en la transpiración de las plantas.

En esta zona, de acuerdo a la Figura 15, podemos observar el valor promedio mensual de la velocidad del viento en km/h medido a 10 m de altura sobre el nivel del suelo. La dirección predominante del viento a lo largo del año es del Este.



**Figura 15. Valores promedio mensuales de velocidad de viento (km/h), en la estación automática ITCR, período 1974-2017.**

En los meses que van de diciembre hasta abril se ha encontrado que el valor promedio es de 14,1 km/h, mientras que de mayo a noviembre éste es en promedio de 9,2 km/h. En setiembre y octubre se dan las velocidades promedio mensuales más bajas de 7,6 y 8,0 km/h respectivamente.

Algunos valores máximos promedio que se han registrado van desde 18,7 hasta 19,8 km/h en los meses de la época seca. También puede notarse un incremento de la intensidad del viento promedio durante el mes de enero, febrero, marzo y abril.

En la figura 16, se puede observar la distribución de la velocidad del viento máximo horario (m/s) en la región del Guarco. Las regiones con mayor altitud y pendiente son las que presentan mayores velocidades horarias, siendo las mayores cercanas al lugar conocido como Ojo de agua. Dicha información suele ser valiosa para los tomadores de decisión en actividades como proyectos de generación eléctrica (eólicos), y en actividades en las que se utilizan viveros con cobertura plástica o de sarán.

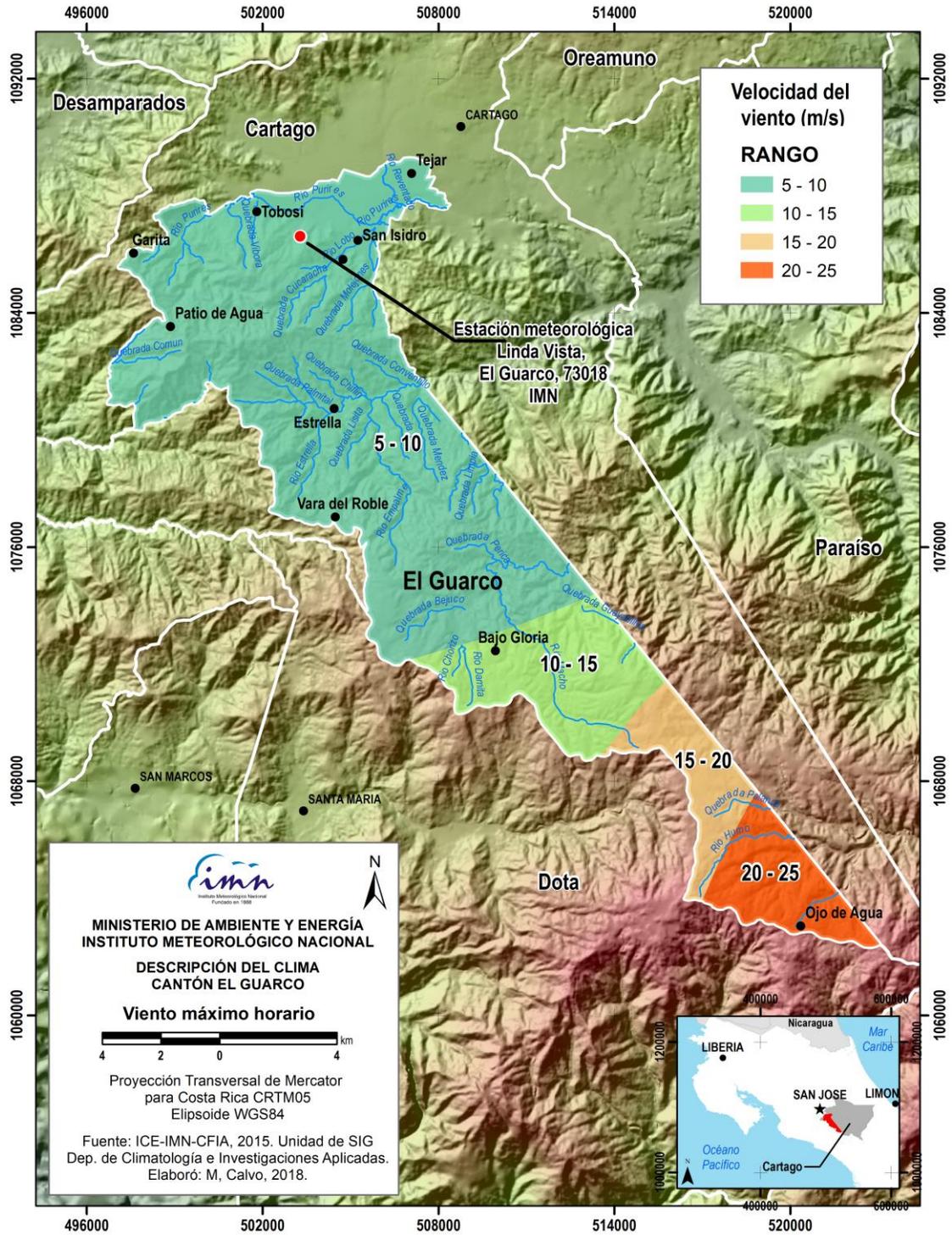


Figura 16. Velocidad del viento máximo horario (m/s) para el cantón El Guarco.

## 2.7. Balance hídrico en el suelo

El término balance hídrico se refiere al balance existente entre la cantidad de agua recibida por medio de la precipitación y la pérdida de agua debido a la evapotranspiración. Por medio de la comparación de la marcha estacional de la precipitación con relación a la evapotranspiración, puede calcularse la magnitud de otros parámetros de humedad que se encuentran relacionados, tales como el exceso o la deficiencia de agua, el almacenaje de humedad del suelo y el escurrimiento del agua.

El conocimiento de los elementos del balance hídrico resulta de mucha importancia en los planteamientos y soluciones de múltiples problemas económicos y sociales. Es así como en diferentes campos de estudio como la planificación hidráulica, el riego, la conservación de recursos naturales, la planificación agrícola, entre otros, se considera de mucho interés cualquier intento que se realice para obtener una valoración de los elementos del balance hídrico.

El material básico con que se cuenta son las observaciones pluviométricas diarias. La dificultad de mediciones rutinarias de la evapotranspiración hace que por lo general se recurra a su estimación en función de otros elementos meteorológicos. El cálculo de la evapotranspiración potencial diaria por medio del método de Hargreaves se presenta en el Cuadro 8. Tomando la expresión de la fórmula de Hargreaves más frecuentemente utilizada en la literatura, con un coeficiente empírico medio (KT) de 0,17 se obtiene.

$$ETP = 0,0023(T_{med.} + 17,78) * R_o * (T_{máx.} - T_{mín.})^{0,5}$$

Donde:

- ETo = evapotranspiración potencial diaria en mm/día
- T. med. = temperatura media diaria en °C
- R<sub>o</sub> = Radiación solar extraterrestre en mm/día
- T. máx. = temperatura diaria máxima en °C
- T. mín. = temperatura diaria mínima en °C

**Cuadro 8. Evapotranspiración potencial diaria (mm), en la estación Linda Vista, El Guarco.**

Mes	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
ETP	3,3	3,7	4,3	4,5	4,4	4,2	4,1	4,3	4,4	4,0	3,5	3,1

Fuente: IMN

Conociendo la evapotranspiración potencial (ETP) y la precipitación (P) mensual de un lugar, es posible efectuar un balance hídrico general para el cantón de El Guarco. Con el fin de realizar los cálculos respectivos del balance hídrico, se considera en promedio para los

suelos de esta zona una capacidad de campo (CC) de 300 mm, un punto de marchitez permanente (PMP) de 100 mm y un punto de humedad condicional (PHC) representado por el 75% de agotamiento de la diferencia entre CC y PMP (150 mm), como indicativo del momento adecuado para humedad suplementaria (HS) opcional (riego).

Para determinar los períodos de excesiva o insuficiente humedad, es necesario calcular la diferencia entre la precipitación y la evapotranspiración potencial. Un valor negativo de P-ETP, indica la cantidad de precipitación que falta para satisfacer las necesidades potenciales de agua. Un valor positivo indica la cantidad de agua que excede.

El Cuadro 9 provee información sobre el comportamiento en el almacenamiento de agua del suelo bajo los supuestos establecidos previamente y en la figura 17 se puede observar la distribución de la evapotranspiración potencial anual en el cantón de El Guarco, esta es mayor en las zonas donde hay más radiación. También puede observarse en el Cuadro 9, que la región presenta, en promedio, escorrentía importante solamente durante los meses de setiembre y octubre, bajo los supuestos edáficos establecidos en este trabajo.

**Cuadro 9. Balance hídrico mensual climático en la estación Linda Vista, El Guarco.**

Mes	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
<b>P</b>	32,7	19,7	16,0	45,3	191,9	202,5	130,9	152,1	250,1	262,0	119,0	58,1
<b>T. med.</b>	17,4	17,5	18,2	19,1	19,4	19,2	19,1	19,1	19,3	18,9	18,4	17,7
<b>T. máx</b>	22,7	23,5	24,6	25,4	25,6	25,2	24,5	25,0	25,3	24,9	23,7	22,8
<b>T. mín</b>	13,2	13,0	13,2	13,9	14,5	14,7	14,7	14,5	14,2	14,3	14,3	13,8
<b>Ro</b>	13,2	14,2	15,3	15,7	15,5	15,3	15,3	15,5	15,3	14,7	13,6	12,9
<b>ETP</b>	102,0	104,6	131,8	135,1	137,7	126,4	126,8	132,1	130,8	124,6	103,9	97,6
<b>Alm.</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	54,3	130,3	134,5	150,0	150,0	150,0	150,0	110,5
<b>Esc.</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	119,3	137,4	15,1	0,0

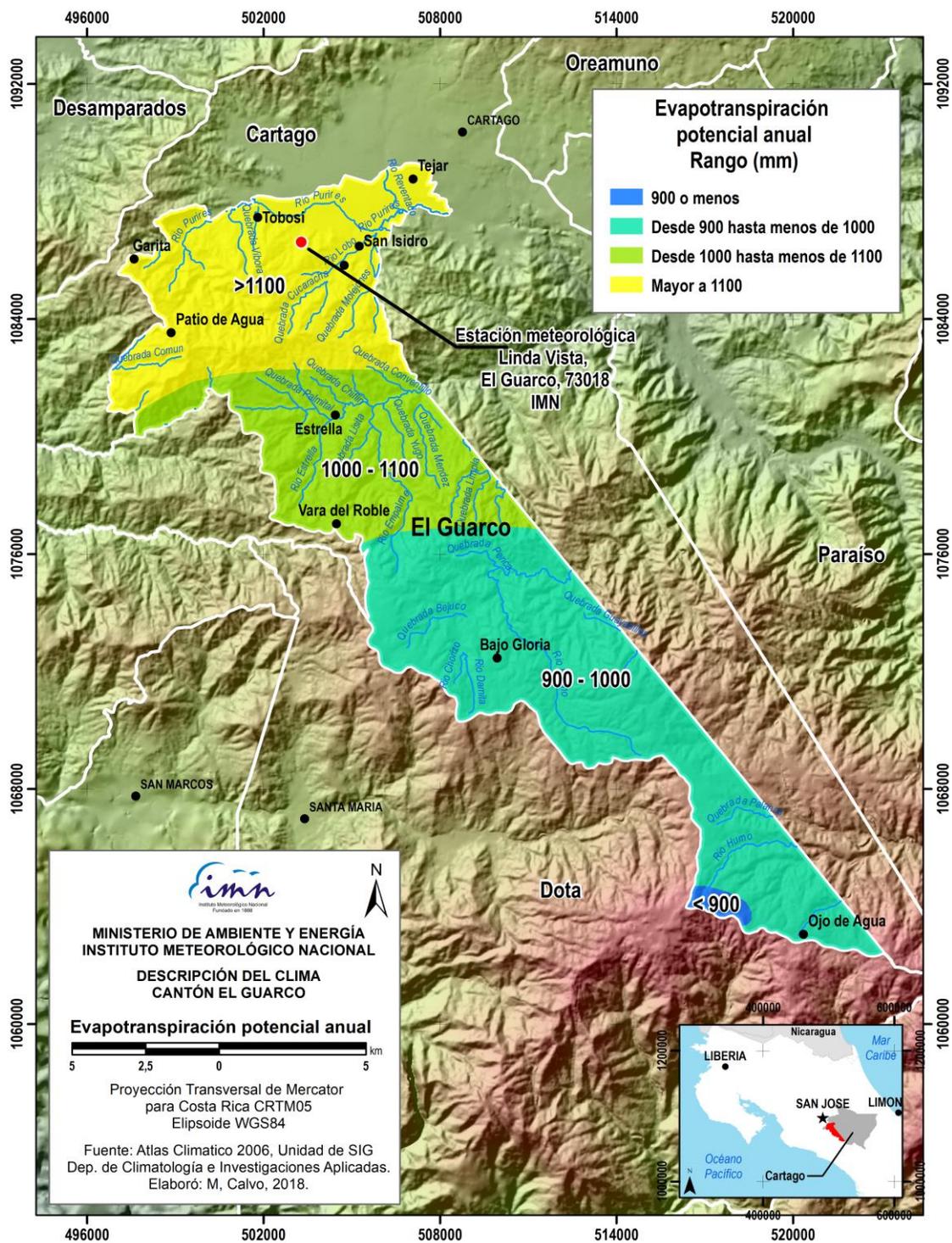
Fuente: IMN

El análisis de los excesos (escorrentía), a través del año hidrológico promedio, establece que en promedio (Cuadro 10) y bajo las condiciones climáticas del cantón de El Guarco, la cantidad de humedad que se pierde por escorrentía acumulada es relativamente poca, en el caso de la actividad agrícola es más importante el déficit hídrico que se presenta desde Enero a Agosto.

**Cuadro 10. Escorrentía acumulada promedio mensual (mm), en la estación Linda Vista, El Guarco.**

Mes	E	F	M	A	My	J	Jl	Ag	S	O	N	D
<b>Esc. Ac.</b>	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,6	123,8	261,3	276,4	276,4

Fuente: IMN



**Figura 4. Distribución de la Evapotranspiración Potencial Anual en el cantón El Guarco.**

