



Variación de la relación peso / volumen en rollizos aserrables de *Eucalyptus grandis* en función de los días desde tala y la estación del año.

Federico Larocca¹

Gabriel Fink¹

Mariano Michel¹

¹ Grupo de Investigación en Administración Rural – UTN F.R. CONCORDIA –
federicol1968@gmail.com

Resumen

Se publican en este informe resultados parciales de un trabajo final denominado: “Relaciones entre unidades de peso-masa² y volumen en los rollizos de *Eucalyptus grandis*, su variación en el tiempo y las condiciones ambientales y su impacto económico en la comercialización entre productor primario y la industria”. Se informan en esta publicación los resultados obtenidos en la estación invierno y en primavera.

Se cubicaron y pesaron rollizos de eucalipto desde el momento de la tala hasta los 69 días. El primer ensayo se realizó en invierno y se repitió en primavera de 2020.

Se determinó la merma de peso de cada uno de los rollos atribuible a la pérdida de humedad con el paso del tiempo.

Se encontró que la relación peso/volumen varió de 0,9 Mg/m³ apenas talado hasta algo menos de 0,7 Mg/m³ al finalizar el período de mediciones, reconociendo que el ritmo de pérdida de peso, naturalmente afectada por las condiciones ambientales, varió sensiblemente entre invierno y primavera.

Se obtuvieron funciones que representan la densidad de los rollos en función de los días desde tala, con coeficientes diferentes para cada estación del año analizada y muy buenos ajustes.

Se encontraron diferencias en la velocidad de pérdida de peso entre los rollos que se pudieron justificar estadísticamente en función de su diámetro y consecuente relación superficie externa/volumen.

Se espera que los resultados puedan ser útiles para mejorar las relaciones de comercialización y para cuestiones logísticas.

Se entiende que estos resultados serán complementados y podrán interpretarse mejor cuando se incorporen los datos de verano.

Palabras clave: *Eucalipto, densidad, masa, oreado, tonelada*

²A los objetivos de esta comunicación, se utilizarán los términos “peso” y “masa” indiferentemente, ya que las unidades que se emplean son las que establece en SIMELA para “masa” (gramo y sus múltiplos) pero habitualmente en el sector forestal se mencionan como “peso”.

Introducción

Uno de los aspectos importantes en la relación productor primario – industrial es que es que los aserraderos pagan un precio por tonelada de rollizos, no obstante la magnitud que les va a determinar la cantidad de tablas producidas es el volumen. Otro aspecto importante de esta relación peso/volumen es que el límite de transporte –y el costo del mismo– está dado por el peso, es por ello que, en los casos en que no es relevante para la industria que el rollo se procese rápidamente (como celulosa o tableros de fibra o partícula) dejar que los rollos pierdan humedad en el campo, es beneficioso para bajar costos de logística y transporte.

La relación peso/volumen del rollizo y su variación, dependen del contenido de humedad del mismo, la densidad de la madera, el diámetro del rollizo, la temperatura y la humedad del ambiente, la posición en la pila, el porcentaje de corteza, etc. La densidad de la madera depende, además del material genético, la edad, la posición del trozo en el del árbol entre otras variables.

El rollizo, una vez talado, comienza a perder humedad debido a la exposición a las condiciones ambientales, ello entonces será afectado además por el contenido de humedad pre tala, el tiempo desde la misma y las modalidades de acopio.

En primer lugar, se pierde rápidamente el agua libre³ por evaporación ya que es retenida por fuerzas capilares muy débiles, hasta el momento en que se encuentra en lo que se denomina “punto de saturación de fibras” (PSF)⁴, en este punto las paredes celulares de la madera se encuentran saturadas pero no así sus cavidades -durante esta fase de secado, la madera no experimenta cambios dimensionales, salvo excepciones-. Con este secado la madera disminuye su peso para un mismo volumen, lo que acarrea economías en el transporte. Posterior a este punto la pérdida de humedad ocurre con mayor lentitud hasta llegar a un estado de equilibrio con la humedad relativa de la atmósfera circundante “humedad de equilibrio higroscópico” (HEH)⁵ (Spavento, M. Sc. Keil, & Monteoliva, 2008).

³El agua libre es la que ocupa las cavidades celulares, dando a la madera la condición de "verde".

⁴(PSF) Es el agua que se encuentra en las paredes celulares.

⁵(HEH) Es la humedad que se encuentra en equilibrio con el ambiente que la rodea.

El productor primario puede estimar aceptablemente, mediante mediciones a campo, la cantidad de volumen que posee la forestación y en base a esto realizar la estimación de las toneladas a extraer para su comercialización. Esta conversión se realiza por un factor fijo, a veces convenido particularmente entre las partes y en otros casos se utiliza el publicado a la planilla de precios del INTA donde se considera 0,9 Mg/m³ (INTA Concordia, varias eds.).

En las mencionadas planillas de precios forestales figuran los productos primarios en la unidad en que se comercializan habitualmente que son las toneladas (Mg). Una vez procesada esta materia prima los aserraderos venden las tablas por “pie cuadrado” (que es una unidad de volumen – un pie cuadrado por una pulgada de espesor). Es así que si bien la industria del aserrado transforma volumen (de los rollos) en otro producto (tablas) que también se vende en unidades de volumen, la mayor parte de las operaciones se realizan por unidades de peso por cuestiones operativas: es relativamente fácil pesar los camiones y hay suficiente cantidad de balanzas que prestan servicios, por lo contrario medir con precisión cada rollo, sería mayor trabajo. Esto lleva a que la pérdida de peso produzca una interferencia en los cálculos de rendimiento que no siempre está siendo bien conocida.

Materiales y Métodos

Los relevamientos a campo se realizaron en la localidad de Colonia Ayuí, departamento Concordia, Entre Ríos, (31° 9' lat. S; 58° 1' 30" long O). En el predio “La Lata” de Forestal Argentina S.A. Se llevaron a cabo en dos estaciones: invierno, desde el 17 de junio hasta el 25 de agosto y primavera desde el 2 de octubre al 10 de diciembre de 2020.

El lote del que se obtuvieron los árboles corresponde a una replantación de *Eucalyptus grandis* en un suelo *Hapludol fuvéntico* (localmente identificado como mestizo arenoso). Fue implantado en primavera de 2010 con una densidad inicial de 1000 árb/ha y raleado a los 2 años a 600 árb/ha, además se le realizaron dos podas hasta a los 4,5 m de altura. La edad de la tala fue de 9,7 años (para el muestreo de invierno) y 10 años (para el de primavera).

Los árboles fueron cosechados con la modalidad de extracción árbol completo (*full tree*) y trozados a medida en la cabecera del lote con cosechadores-procesadores (Figura 1). En el procesamiento los rollos quedan descortezados en más del 70%. El largo de corte fue de 3,15 m (tal como se estaba operando comercialmente) y se utilizaron las segundas trozas de cada uno de 30 árboles seleccionados al azar teniendo en cuenta las restricciones que los diámetros fueran mayores a los 21 cm y menores a los 35 cm y que no tuvieran defectos significativos. Apenas trozados fueron acomodados sobre otros rollizos más largos dispuestos perpendicularmente con el objetivo de que no tomen contacto con el suelo.

La medición de largo y diámetro en cada uno de los extremos se realizó con cinta y el pesaje con una balanza digital pendiente de un aparejo a cadena montado en un trípode (Figura 2).

Las mediciones se realizaron: - inmediatamente después de la tala; a las 24 h, a los 3, 5, 10, 15, 20, 30, 48 y 69 días desde la tala. Es importante destacar en este punto que se puso especial énfasis en que la primera medición sea lo más inmediata posible al apeo del árbol.



Fig. 1. Procesadores trozando a 3,15 m de largo en la cabecera del lote.



Fig. 2. Pesaje con balanza digital y aparejo pendiente de un trípode.

Además de las determinaciones a campo, se llevaron sub-muestras a laboratorio para determinar contenido de humedad inicial y densidad básica de la madera siguiendo el procedimiento de la norma TAPPI 258⁶.

Resultados y Discusión

La densidad inicial (verde) media fue de 0,902 Mg/m³ en la muestra de invierno y 0,905 Mg/m³ en la de primavera, con parámetros estadísticos que indican alta homogeneidad (tablas 1 y 2). Las densidades básicas fueron de 0,460 Mg/m³ (invierno) y 0,443 Mg/m³ (primavera). Los valores son esperables, siendo los árboles relativamente jóvenes, considerando que en los 30 individuos muestreados en cada estación para las mediciones a campo se tomaron las muestras de la misma posición dentro del árbol (la segunda troza de abajo hacia arriba) y que para las muestras de laboratorio (densidad básica) se procesaron sub muestras en rodajas de sólo 10 de los 30 individuos de cada estación.

Rembado y Sanchez Acosta (1988) habían encontrado valores medios de 0,842 y 0,885 Mg/m³ para las estaciones otoño y primavera, pero trabajando con rollos de menores dimensiones, de mayor edad, con corteza y seguramente materiales genéticos diferentes.

Tabla 9. Resultados y estadística descriptiva de Relación Peso Volumen desde la tala hasta los 69 días, en invierno.

Parámetro	Días desde la Tala									
	0	1	3	5	10	15	20	30	48	69
Media (Mg/m ³)	0,902	0,896	0,888	0,875	0,859	0,846	0,818	0,787	0,748	0,703
Mediana (Mg/m ³)	0,916	0,908	0,898	0,883	0,860	0,847	0,823	0,798	0,762	0,717
Desviación estándar	0,084	0,084	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,082	0,080	0,078
Varianza de la muestra	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	0,006	0,006
Mínimo (Mg/m ³)	0,764	0,752	0,745	0,731	0,709	0,691	0,663	0,635	0,606	0,570
Máximo (Mg/m ³)	1,056	1,048	1,042	1,028	1,013	1,003	0,977	0,947	0,908	0,864
Coefficiente de variación (%)	9,27	9,33	9,35	9,50	9,71	9,84	10,10	10,42	10,75	11,10

⁶ Basic density and moisture content of pulpwood -Estados Unidos Patente n° 060809.05, 2006.

Tabla 10. Resultados y estadística descriptiva de Relación Peso Volumen desde la tala hasta los 69 días, en primavera.

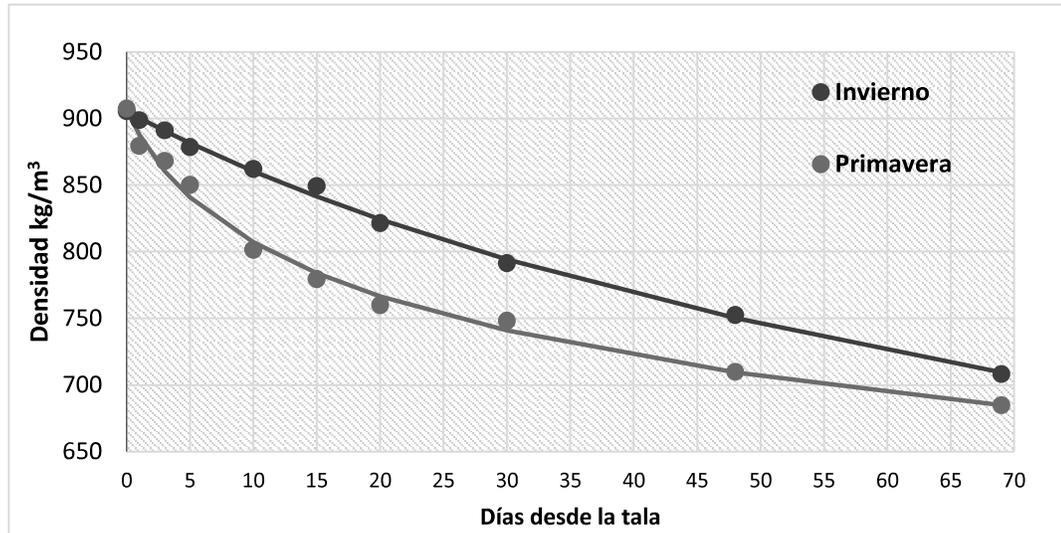
Parámetro	Días desde la Tala									
	0	1	3	5	10	15	20	30	48	69
Media (Mg/m ³)	0,905	0,876	0,865	0,847	0,798	0,775	0,755	0,744	0,705	0,680
Mediana (Mg/m ³)	0,908	0,879	0,867	0,846	0,796	0,775	0,757	0,744	0,707	0,681
Desviación estándar	0,070	0,069	0,069	0,068	0,066	0,065	0,064	0,063	0,061	0,060
Varianza de la muestra	0,005	0,005	0,005	0,005	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Mínimo (Mg/m ³)	0,769	0,740	0,726	0,712	0,670	0,652	0,635	0,622	0,577	0,550
Máximo (Mg/m ³)	1,03	1,00	0,99	0,97	0,92	0,89	0,87	0,86	0,82	0,79
Coefficiente de variación (%)	7,69	7,85	7,97	8,07	8,33	8,38	8,45	8,52	8,66	8,82

Con el transcurso de los días desde la tala, se fue perdiendo humedad, con ello peso y por tanto mermando la densidad que llegó a los 69 días a 0,703 Mg/m³ (invierno) y 0,680 Mg/m³ (primavera), las pendientes de las curvas de pérdida de peso de invierno y primavera, fueron diferentes, sobre todo en los primeros días (Figura 3).

Tal como se menciona en trabajos similares para esta y otras especies y regiones, son los primeros días en los que se pierde mayor cantidad de agua y por lo tanto hay mayor merma en la relación peso/volumen. En las primeras 24 h se perdió el 0,7% del peso en invierno y poco más del 3 % en primavera, a los 5 días se había perdido el 3% en invierno y más del 6% en primavera.

A los casi 70 días desde la tala, aún seguía mermando el peso y se espera continúe ya que la temperatura continuaría aumentando en los meses siguientes en ambos casos. Sin embargo, se nota claramente que la pendiente de primavera ya es menor que la de invierno lo que indicaría que va tendiendo a equilibrarse para esas condiciones ambientales.

Fig. 1. Evolución de la relación peso - volumen rollos de *E. grandis* en función de los días desde tala, en invierno y primavera en Concordia - E.R.



Los resultados obtenidos, presentan un buen ajuste a las siguientes funciones, que podrían ser utilizadas para estimar el peso y la densidad en diferentes períodos desde tala rasa en condiciones ambientales similares. Las ocurridas en estos períodos –que se detallan en anexo al final- fueron relativamente normales para la localidad.

Invierno:

$$y = -181,5 \cdot \ln(x + 35,5) + 1553,3 \quad (R^2: 0,9975)$$

Primavera:

$$y = -72,5 \cdot \ln(x + 3,4) + 995,17 \quad (R^2: 0,993)$$

Donde:

$$y = \text{relación peso/ volumen (Kg/m}^3\text{)}.$$

$$x = \text{día desde la tala.}$$

A su vez resulta interesante analizar cómo se comportaron los rollos en función de su diámetro, aún dentro de un rango relativamente acotado – diámetro mínimo 21,71 cm y diámetro máximo 33,74 cm- se encontraron diferentes pendientes de secado. Para analizarlo se agruparon los 30 rollos de cada estación, en tres grupos de 10 en función de su tamaño (mayores, medios y menores) y se compararon los dos grupos extremos (Tabla 3 – Figuras 4 y 5).

Tabla 11. Relación peso/volumen en función de los días desde la tala y el diámetro de los rollos

Estación	Grupos de tamaño	Días desde la tala									
		0	1	3	5	10	15	20	30	48	69
INVIERNO	Mayor a 28 cm	0,93	0,93	0,92	0,91	0,89	0,88	0,86	0,83	0,79	0,75
	Menor a 26 cm	0,89	0,88	0,88	0,86	0,85	0,84	0,81	0,77	0,73	0,68
PRIMAVERA	Mayor a 28 cm	0,9	0,88	0,87	0,85	0,8	0,78	0,77	0,75	0,72	0,69
	Menor a 26 cm	0,89	0,86	0,84	0,83	0,77	0,75	0,73	0,72	0,68	0,65

Fig. 2. Influencia del diámetro de los rollos en la pérdida de peso en función de los días desde tala en ensayo de invierno

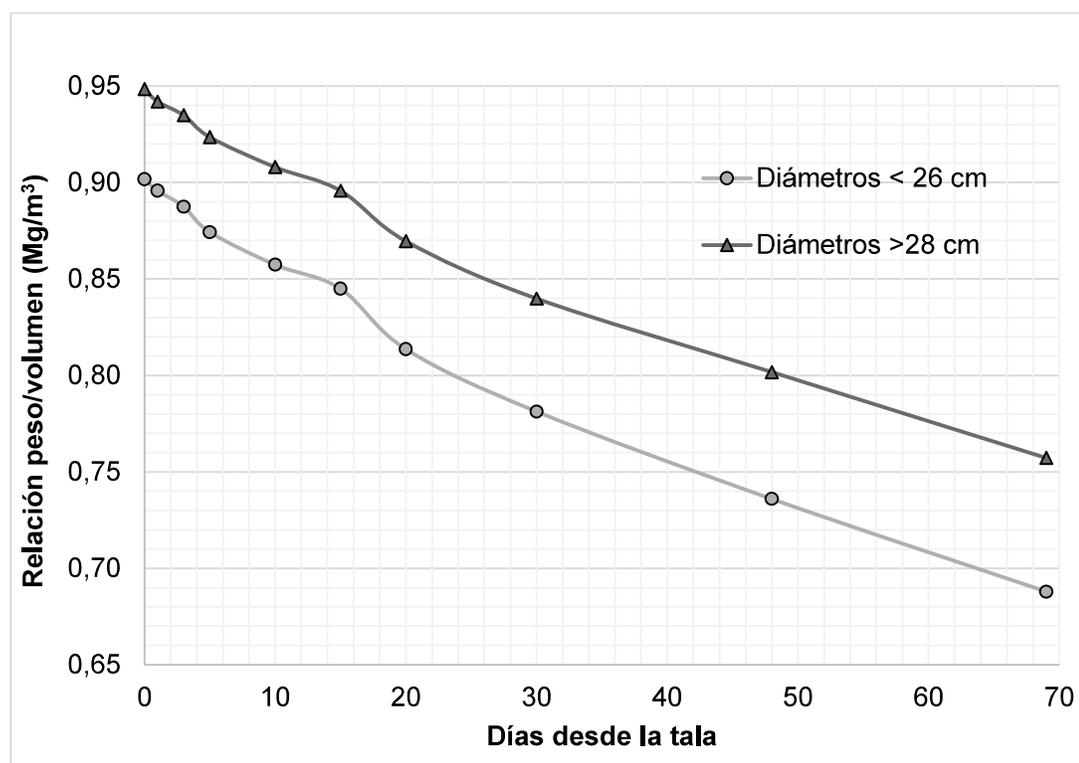
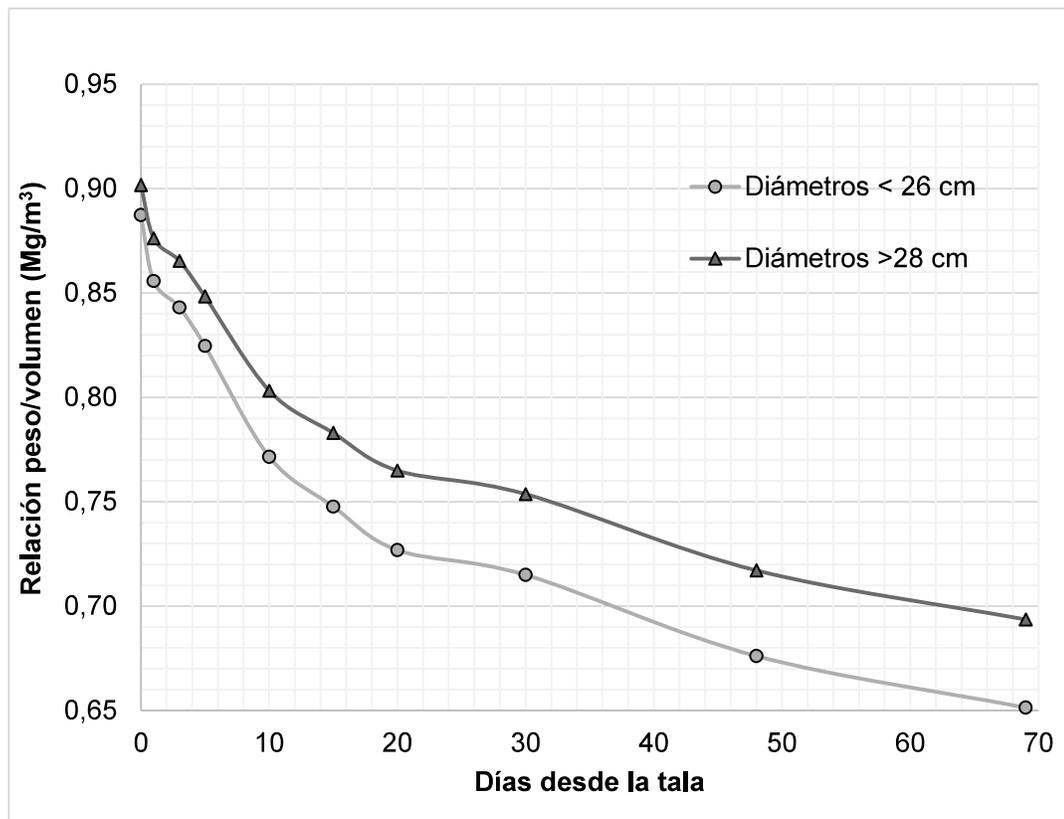


Fig. 3. Influencia del diámetro de los rollos en la pérdida de peso en función de los días desde tala en ensayo de primavera



Cuando se analizan las mermas de densidad en el transcurso de los 69 días de invierno, se perdió un 20 % en los rollos más gruesos y un 24% en los más finos, mientras que en primavera un 23 % y 27 % respectivamente. La alta homogeneidad de los datos hace significativa al análisis estadístico estas diferencias en el oreado e indica que, si aún en este rango relativamente reducido de diámetros esas diferencias son significativas, debería indagarse este aspecto ampliando el espectro de diámetros analizado y probablemente se encuentren también curvas de pérdida de peso diferentes.

Es esperable que estas disminuciones en la relación peso/volumen serán más acentuadas en verano, es por ello que resultará interesante poder comparar el mismo ensayo en esa estación.

Los resultados aquí publicados son parte de un trabajo más completo que aborda, además de otros aspectos físicos, también los aspectos económicos y fueron publicados en el Trabajo Final para el título de Licenciatura en Adm. Rural de UTN Concordia de dos de los coautores de esta publicación en el corriente año 2021.

Agradecimientos

Este trabajo no hubiera sido posible sin la colaboración de las empresas Forestal Argentina y Las Coníferas, los laboratorios de Hormigón de UTN Concordia y de tecnología de madera de INTA Concordia, y naturalmente de la buena predisposición de las personas que en ellos trabajan.

Bibliografía

Bedane, A.H.; Muhammad, T.A.; Sokhansanj, S. (2011). Simulation of temperature and moisture changes during storage of woody biomass owing to weather variability. *Biomass and Bioenergy* 35(7): 3147-3151

Denoni, Camila. (2015). Variação da massa da madeira colhida dispersa no campo em função dos dias após a colheita. Trabajo para obtención del grado de especialista en el curso de pos grado en Gestión forestal. Universidade Federal do Paraná – BR. En línea en: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/42833/R%20-%20E%20-%20CAMILA%20DENONI.pdf?sequence=1>

INTA CONCORDIA. (vs eds.). Planilla de precios forestales de la región NE de Entre Ríos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. En línea en: <https://inta.gob.ar/documentos/planilla-de-precios-forestales-de-la-region-ne-de-entre-rios>

Rembado G y Sanchez Acosta M. (1988). Peso y volumen de madera rolliza corta de *E. grandis*. III Jornadas Forestales de Entre Ríos.

Schönau A.P.G. & R. Verloren van Themaat (1978) Preliminary results of investigations into the air-drying of debarked logs of four eucalyptus species in the natal Midlands, South African Forestry Journal, 107:1, 15-21, DOI: 10.1080/20702620.1978.10433501

Spavento, E., M. Sc. Keil, G. D., & Monteoliva, S. (2008). Propiedades Físicas De La Madera. Curso de xilotecnología departamento de ingeniería agrícola y forestal, Fac. de Cs. agrarias y Forestales UNLP. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/1689/mod_resource/content/0/Propiedades_Fisicas_2008.pdf



Anexo

Tabla 12. Registro de datos meteorológicos para los días de medición, en invierno y primavera

Fecha	Día post tala	Promedio Temperatura del aire (°C)	Promedio Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm)
17/6/2020	0	21,04	86,74	0,4
18/6/2020	1	15,12	96,47	18,6
19/6/2020	2	13,68	98,28	0,4
20/6/2020	3	17,43	99,19	0,2
21/6/2020	4	19,51	94,78	0,2
22/6/2020	5	15,04	99,75	7,6
23/6/2020	6	20,54	99,92	0
24/6/2020	7	16,39	100	1,4
25/6/2020	8	12,92	100	2,6
26/6/2020	9	7,08	87,14	0,2
27/6/2020	10	8,39	81,88	0,2
28/6/2020	11	9,06	84,5	0,2
29/6/2020	12	11,12	98,24	5,6
30/6/2020	13	11,57	96,98	1,2
1/7/2020	14	8,61	93,22	0,2
2/7/2020	15	5,41	91,82	0,4
3/7/2020	16	8,68	84,18	0,2
4/7/2020	17	11,35	89,15	0
5/7/2020	18	11,76	93,34	0
6/7/2020	19	7,97	100	1
7/7/2020	20	8,28	93,1	0
8/7/2020	21	8,57	90,48	10,2
9/7/2020	22	8,05	86,62	0,2
10/7/2020	23	11,55	92,11	0
11/7/2020	24	10,44	86,66	0,2
12/7/2020	25	10,14	83,69	0
13/7/2020	26	7,54	79,17	0,2
14/7/2020	27	4,74	78,97	0,2
15/7/2020	28	8,08	69,6	0,2
16/7/2020	29	11,37	77,76	0,2
17/7/2020	30	10,61	100	0,2
18/7/2020	31	20,99	79,28	0
19/7/2020	32	20,96	80,78	0
20/7/2020	33	20,43	86,17	0
21/7/2020	34	20,32	92,75	0
22/7/2020	35	16,51	100	0,2
23/7/2020	36	12,82	100	0,6
24/7/2020	37	7,21	100	5,6
25/7/2020	38	8,36	81,16	0
26/7/2020	39	10,11	81,85	0,2
27/7/2020	40	10,75	86,42	0,2
28/7/2020	41	6,74	63,81	0
29/7/2020	42	5,01	82,15	0,2
30/7/2020	43	8,04	77,54	0,2
31/7/2020	44	12,29	89,54	0
1/8/2020	45	16,39	91,24	0,2
2/8/2020	46	20,17	87,86	0
3/8/2020	47	20,09	74,47	0
4/8/2020	48	18,66	81,89	0
5/8/2020	49	20,38	76,31	0
6/8/2020	50	19,69	70,57	0



7/8/2020	51	16,6	88,43	0
8/8/2020	52	19,6	87,96	2,6
9/8/2020	53	20,72	75,28	0
10/8/2020	54	19,57	59,23	0
11/8/2020	55	9,44	48,61	0
12/8/2020	56	7,64	68,1	0
13/8/2020	57	9,93	74,73	0
14/8/2020	58	12,31	98,95	0,4
15/8/2020	59	11,5	73,98	0
16/8/2020	60	9,09	71,91	0
17/8/2020	61	10,6	79,78	0,2
18/8/2020	62	12,6	67,07	0,2
19/8/2020	63	9,72	54,84	0
20/8/2020	64	5,66	66,83	0
21/8/2020	65	6,88	64,57	0
22/8/2020	66	9,47	68,5	0
23/8/2020	67	14,16	61,34	0
24/8/2020	68	18,14	64,98	0
25/8/2020	69	21,41	66,83	0
2/10/2020	0	17,85	42,33	0
3/10/2020	1	11,21	71,73	8,6
4/10/2020	2	12,22	98,35	1,6
5/10/2020	3	13,67	90,56	0
6/10/2020	4	14,44	78,14	0
7/10/2020	5	18,05	75,52	0
8/10/2020	6	19,28	68,66	0
9/10/2020	7	19,43	62,72	0
10/10/2020	8	16,57	60,54	0
11/10/2020	9	18,7	51,48	0
12/10/2020	10	16,63	68,07	0
13/10/2020	11	17,5	68,37	0
14/10/2020	12	19,41	67,5	0
15/10/2020	13	21,56	60,93	0
16/10/2020	14	19,36	79,02	0
17/10/2020	15	23,89	71,29	0
18/10/2020	16	26,4	69,58	0
19/10/2020	17	27,57	56,79	0
20/10/2020	18	19,71	79,15	0
21/10/2020	19	19,5	76,23	0
22/10/2020	20	23,95	74,67	0
23/10/2020	21	20,55	99,72	0
24/10/2020	22	23,11	86,88	0
25/10/2020	23	21,71	99,48	0,2
26/10/2020	24	19,7	82,43	0
27/10/2020	25	16,07	63,78	0
28/10/2020	26	18,47	69,83	0
29/10/2020	27	16,29	63,19	0
30/10/2020	28	15,09	61,76	0
31/10/2020	29	18,14	57,24	0
1/11/2020	30	18,68	54,72	0
2/11/2020	31	20,12	50,1	0
3/11/2020	32	20,29	59,63	0
4/11/2020	33	19,31	54,85	0
5/11/2020	34	19,82	51,47	0
6/11/2020	35	21,47	58,94	0
7/11/2020	36	22,3	66,66	0
8/11/2020	37	18,62	82,9	0
9/11/2020	38	20	87,17	0