

METODOS PARA ESTIMAR VALORES AGROCLIMATICOS DE "UNIDADES DE FRIO"

E.A. DAMARIO¹ y R. RODRÍGUEZ²

Recibido : 14-08-91

Aceptado : 19-12-91

La dosis de enfriamiento que hace posible la normal rotura del descanso anual en las especies frutales perennes criófilas, se cuantifica actualmente mediante las "unidades de frío" que se acumulan durante la termofase negativa, unidades que resultan de transformar cada temperatura horaria en un valor relativo a su eficiencia enfriante.

La escala de transformación reproducida en el Cuadro N°1 (E.A. Richardson et al., *Hort. Sci.*, 9(4):331-332, 1974.) asigna la mayor efectividad enfriante a las temperaturas horarias entre 2,5 y 9,1°C, niega efecto a las inferiores a 1,5°C y considera como devernizantes o anuladoras a las mayores a 16,0°C. Esta escala se continúa utilizando a pesar de que los resultados de experiencias más recientes aconsejan modificarla para incluirle los efectos del nivel termoperiódico diario y el de las etapas de descanso cumplidas. (A. Erez y G. Couvillon, *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 112(4):677-680, 1987.)

La sumatoria algebraica de los valores resultantes de transformar las temperaturas horarias en unidades de frío (UF) según los rangos de la escala del Cuadro N°1, proveerá las unidades totalizadas en el día; la suma algebraica de las UF obtenidas en cada uno de los días del mes, producirá el respectivo valor mensual (UFm) y, finalmente, el promedio climático \overline{UF} resultará de adicionar algebraicamente y promediar los valores UFm de una serie suficiente de años.

Estos valores \overline{UF} son los que importan particularmente en los estudios y valoraciones agroclimáticas. Su cómputo directo exige, obviamente, la información de valores horarios de temperatura, la que no siempre es asequible o está convenientemente preparada para su procesamiento electrónico. Para superar esta dificultad, se propone a continuación un método para aproximar los valores climáticos medios mensuales de Unidades de Frío haciendo uso, como material básico, de la información disponible en las estadísticas climatológicas corrientes o de alguna otra de fácil obtención. El procedimiento admitirá, con los ajustes correspondientes, cualquier modificación a la escala de transformación y se adaptará al cómputo de modelos combinados. (A. Erez et al., *Acta Horticulturae*, 276:165-173, 1990.)

Las estimaciones de índices agroclimáticos, como lo son las \overline{UF} , deben admitir necesariamente ciertas suposiciones que, aunque no siempre correctas, permitan utilizarlas con suficiente confianza. El método que se propone, parte de las siguientes suposiciones:

- 1) que las distribuciones de valores térmicos responden a la normalidad;
- 2) que la amplitud térmica diaria se mantiene constante e invariable dentro del mes y se la considerará expresada por la diferencia entre los valores climáticos de máxima y mínima media mensual.

¹Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. UBA. Avda. San Martín 4453. (1417) Buenos Aires. -Argentina-

²Instituto de Clima y Agua -CIRR- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Villa Udaondo (1712) Castelar, C.C 25 -Argentina-

Cuadro N°1: Escala de transformación de las temperaturas horarias en Unidades de Frio (Richardson et al., 1974)

Temperatura		U F
°C	°F	
< 1,4	< 34	0
1,5 - 2,4	35 - 36	0,5
2,5 - 9,1	37 - 48	1
9,2 - 12,4	49 - 54	0,5
12,5 - 15,9	55 - 60	0
16,0 - 18,0	61 - 65	-0,5
> 18,0	> 65	-1

Aceptando estas premisas, la estimación de las \overline{UF} correspondientes a un mes de "N" días a través de una serie de "n" años, exige conocer los siguientes valores climáticos:

- la cantidad o frecuencia media mensual de días con diferentes temperaturas mínimas (tm);
- las temperaturas horarias (th) de cada uno de estos días.

Ninguno de estos valores figura en las estadísticas climáticas comunes. El primero suele integrar parcialmente ciertas informaciones especiales, tal como la de los Boletines Mensuales Agrometeorológicos producidos por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

A continuación se desarrolla una metodología estimatoria apta para llegar a conocer estos dos aspectos, utilizando al efecto información climática corriente.

A.- Estimación de la frecuencia media mensual de días con distintas tm .

Para aproximar climáticamente la distribución media de las tm dentro del mes, el método que se propone sugiere dos alternativas, según se disponga o no del dato climático de frecuencia media mensual de días con helada (\overline{fh}), es decir días con $tm \leq 0^\circ C$.

I.- Disponiendo de valores de \overline{fh}

Admitiendo que las tm diarias dentro del colectivo Nn se distribuyen normalmente, la cantidad de días con temperatura mínima igual o inferior a un valor cualquiera, podría calcularse fácilmente si se conociera el valor de la desviación típica (σ_d) del colectivo, estadístico que no integra la información climatológica corriente pero al que se lo puede estimar partiendo del valor de \overline{fh} , valor que sí aparece en las estadísticas argentinas oficiales.

Para un mes cualquiera, la probabilidad que tiene cada día de ser un día de helada, se acerca a: \overline{fh}/N . Entrando con este valor a cualquier tabla de distribución normal, podrá leerse el valor "c" de la desviación normalizada o tipificada correspondiente. Designando como \overline{tm} al valor climático de la temperatura mínima media mensual, se podrá escribir:

$$c = \frac{0^\circ - \overline{tm}}{\sigma_d} \quad \text{de donde} \quad \sigma_d = \frac{0^\circ - \overline{tm}}{c} \quad [1]$$

Es conveniente calcular el valor de \overline{fh}/N hasta el cuarto decimal utilizando una tabla como la reproducida, por comodidad y conveniencia, en el Cuadro N°2. En atención a la concentración invernal de las heladas, se recomienda que para los meses inicial y final del período de heladas se utilice $\overline{fh}/20$ en lugar de \overline{fh}/N .

Para los casos de \overline{fh} inferiores a 0,2 y/o \overline{tm} muy cercana a $0^\circ C$ no es aconsejable el uso de este procedimiento, debiéndose recurrir entonces al método descrito en II.

Métodos para estimar valores agrométricos de...

Cuadro N°2: Distribución normal (Transcripta de: "Documenta Geigy". J.R. Geigy S.A. Basilea (Suiza), 1965)

Desviación c → integral											Desviación c → integral											
c →	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	c →	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	
↓	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	↓	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,	0,
-3,2	00069	00066	00064	00062	00060	00058	00056	00054	00052	00050	+0,00	50000	50040	50080	50120	50160	50199	50239	50279	50319	50359	50399
-3,1	00097	00094	00091	00087	00084	00082	00079	00076	00074	00071	+0,01	50399	50439	50479	50519	50559	50598	50638	50678	50718	50758	50798
-3,0	00135	00131	00126	00122	00118	00114	00111	00107	00104	00100	+0,02	50798	50838	50878	50917	50957	50997	51037	51077	51117	51157	51197
-2,9	00187	00181	00175	00169	00164	00159	00154	00149	00144	00139	+0,03	51197	51237	51276	51316	51356	51396	51436	51476	51516	51555	51595
-2,8	00256	00248	00240	00233	00226	00219	00212	00205	00199	00193	+0,04	51595	51635	51675	51715	51755	51795	51834	51874	51914	51954	51994
-2,7	00347	00336	00326	00317	00307	00298	00289	00280	00272	00264	+0,05	51994	52034	52074	52113	52153	52193	52233	52273	52313	52352	52392
-2,6	00466	00453	00440	00427	00415	00402	00391	00379	00368	00357	+0,06	52392	52432	52472	52512	52551	52591	52631	52671	52711	52751	52791
-2,5	00621	00604	00587	00570	00554	00539	00523	00508	00494	00480	+0,07	52790	52830	52870	52910	52949	52989	53029	53069	53109	53149	53189
-2,4	00820	00798	00776	00755	00734	00714	00695	00676	00657	00639	+0,08	53188	53228	53268	53307	53347	53387	53427	53466	53506	53546	53586
-2,3	01072	01044	01017	00990	00964	00939	00914	00889	00866	00842	+0,09	53586	53625	53665	53705	53745	53784	53824	53864	53903	53943	53983
-2,2	01390	01355	01321	01287	01255	01222	01191	01160	01130	01101	+0,10	53983	54022	54062	54102	54142	54181	54221	54261	54300	54340	54380
-2,1	01786	01743	01700	01659	01618	01578	01539	01500	01463	01426	+0,11	54380	54419	54459	54498	54538	54578	54617	54657	54697	54736	54776
-2,0	02257	02222	02179	02138	02098	02058	02018	01979	01940	01902	+0,12	54776	54815	54855	54895	54934	54974	55013	55053	55093	55132	55172
-1,9	02872	02807	02743	02680	02619	02559	02500	02442	02385	02330	+0,13	55172	55211	55251	55290	55330	55369	55409	55448	55488	55527	55567
-1,8	03593	03515	03438	03362	03288	03216	03144	03074	03005	02938	+0,14	55567	55607	55646	55686	55725	55765	55804	55844	55883	55923	55962
-1,7	04457	04351	04247	04144	04043	03944	03846	03750	03656	03563	+0,15	55962	56001	56041	56080	56120	56159	56199	56238	56277	56317	56356
-1,6	05480	05370	05262	05155	05050	04947	04846	04746	04648	04551	+0,16	56356	56395	56435	56474	56513	56553	56592	56631	56671	56710	56750
-1,5	06681	06552	06426	06301	06178	06057	05938	05821	05705	05592	+0,17	56749	56789	56828	56867	56907	56946	56985	57025	57064	57103	57143
-1,4	08076	07927	07780	07636	07493	07353	07215	07078	06944	06811	+0,18	57142	57182	57221	57260	57299	57339	57378	57417	57456	57495	57535
-1,3	09680	09510	09342	09176	09012	08851	08691	08534	08379	08226	+0,19	57535	57574	57613	57652	57691	57730	57769	57808	57848	57887	57927
-1,2	11507	11314	11123	10935	10749	10565	10383	10204	10027	09853	+0,2	57926	57965	58004	58043	58082	58121	58160	58199	58238	58277	58316
-1,1	13567	13350	13136	12924	12714	12507	12302	12100	11900	11702	+0,3	61791	62172	62552	62930	63307	63683	64058	64431	64803	65173	65541
-1,0	15866	15625	15386	15151	14917	14686	14457	14231	14007	13786	+0,4	65547	65910	66276	66640	67003	67364	67724	68082	68439	68793	69146
-0,9	18406	18141	17879	17619	17361	17106	16853	16602	16354	16109	+0,5	69146	69497	69847	70194	70540	70884	71226	71566	71904	72240	72574
-0,8	21186	20897	20611	20327	20045	19766	19489	19215	18943	18673	+0,6	72575	72907	73237	73565	73891	74215	74537	74857	75175	75490	75804
-0,7	24196	23885	23576	23270	22966	22663	22363	22063	21763	21476	+0,7	76804	77115	77424	77730	78035	78337	78637	78935	79232	79528	79824
-0,6	27425	27093	26763	26435	26109	25785	25463	25143	24825	24510	+0,8	78814	79103	79390	79673	79955	80234	80511	80785	81057	81327	81597
-0,5	30954	30503	30153	29806	29460	29116	28774	28434	28096	27760	+0,9	81594	81859	82121	82381	82639	82894	83147	83398	83646	83891	84135
-0,4	34458	34000	33724	33360	32997	32636	32276	31918	31561	31207	+1,0	84134	84375	84614	84849	85083	85314	85543	85769	85993	86214	86434
-0,3	38209	37828	37448	37070	36693	36317	35942	35569	35197	34827	+1,1	86433	86650	86864	87076	87286	87493	87698	87900	88100	88298	88495
-0,2	42074	41683	41294	40905	40517	40129	39743	39358	38974	38591	+1,2	88493	88686	88877	89065	89251	89435	89617	89796	89973	90147	90319
-0,19	42465	42426	42387	42348	42309	42270	42231	42191	42152	42113	+1,3	90320	90490	90658	90824	90988	91149	91309	91466	91621	91774	91924
-0,18	42858	42818	42779	42740	42701	42662	42622	42583	42544	42505	+1,4	91924	92073	92220	92364	92507	92647	92785	92922	93056	93189	93321
-0,17	43251	43211	43172	43133	43093	43054	43015	42975	42936	42897	+1,5	93319	93448	93574	93699	93822	93943	94062	94179	94295	94409	94522
-0,16	43644	43605	43565	43526	43487	43447	43408	43369	43329	43290	+1,6	94520	94640	94758	94875	94990	95103	95215	95325	95435	95544	95652
-0,15	44038	43999	43959	43920	43880	43841	43802	43762	43723	43683	+1,7	95543	95657	95772	95888	95997	96104	96209	96314	96418	96522	96626
-0,14	44433	44393	44354	44315	44275	44236	44196	44157	44117	44078	+1,8	96407	96485	96562	96638	96712	96784	96856	96926	96995	97062	97129
-0,13	44828	44789	44749	44710	44670	44631	44591	44552	44512	44473	+1,9	97128	97193	97257	97320	97381	97441	97500	97558	97615	97671	97727
-0,12	45224	45185	45145	45105	45066	45026	44987	44947	44907	44868	+2,0	97725	97778	97831	97882	97932	97982	98030	98077	98124	98171	98218
-0,11	45620	45581	45541	45502	45462	45422	45383	45343	45303	45264	+2,1	98214	98257	98300	98341	98382	98422	98461	98500	98537	98574	98611
-0,10	46017	45978	45938	45898	45858	45819	45779	45739	45700	45660	+2,2	98610	98653	98695	98737	98778	98819	98859	98898	98937	98975	99013
-0,09	46414	46375	46335	46295	46255	46216	46176	46136	46097	46057	+2,3	98928	98969	98999	99019	99036	99061	99086	99111	99134	99158	99181
-0,08	46812	46772	46732	46693	46653	46613	46573	46534	46494	46454	+2,4	99180	99206	99224	99245	99266	99286	99305	99324	99343	99361	99379
-0,07	47210	47170	47130	47090	47051	47011	46971	46931	46891	46852	+2,5	99379	99396	99413	99430	99446	99461	99477	99492	99506	99520	99534
-0,06	47608	47568	47528	47488	47449	47409	47369	47329	47289	47249	+2,6	99534	99549	99564	99579	99593	99607	99620	99633	99646	99658	99671
-0,05	48006	47966	47926	47887	47847	47807	47767	47727	47687	47648	+2,7	99653	99664	99674	99683	99693	99702	99711	99720	99729	99738	99746
-0,04	48405	48365	48325	48285	48245	48205	48165	48125	48086	48046	+2,8	99744	99752	99760	99767	99774	99781	99787	99793	99799	99804	99809
-0,03	48803	48763	48724	48684	48644	48604	48564	48524	48484	48445	+2,9	99813	99819	99825	99831	99837	99841	99846	99851	99856	99861	99866
-0,02	49202	49162	49122	49083	49043	49003	48963	48923	48883	48843	+3,0	99865	99869	99874	99878	99882	99886	99890	99893	99896	99899	99902
-0,01	49601	49561	49521	49481	49441	49401	49361	49321	49281	49242	+3,1	999										

Cuadro N°3: Valores observados de \bar{od} y frecuencia media mensual de días con tm igual o inferior a $0^\circ, 5^\circ, 10^\circ$ y 15° en comparación con los estimados usando los métodos propuestos en el texto.

Localidad y record	Mes	\bar{tm}	Cantidad media mensual de días con temperaturas mínimas iguales o inferiores a:														
			\bar{od}		0°			5°			10°			15°			
			Obs.	Est.	Est.			Est.			Est.			Est.			
					Obs.	Fh	Σt	Obs.	Fh	Σt	Obs.	Fh	Σt	Obs.	Fh	Σt	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Azuul 1956/66	My	4,3	4,99	5,24	5,4	6,4	5,8	17,9	17,1	17,8	27,2	26,7	27,2	30,4	30,4	30,8	
	Ju	2,8	4,92	5,71	9,4	9,4	8,6	20,6	19,5	21,2	27,9	26,9	27,3	29,7	29,5	30,0	
	Jl	1,6	5,04	5,30	11,8	11,8	9,4	22,2	22,9	22,1	28,1	29,2	28,4	30,3	30,8	29,8	
Posadas 1956/67	Ag	2,2	4,23	4,98	10,2	10,2	10,4	22,7	22,1	23,0	30,7	29,2	30,1	30,8	29,8	31,0	
	Jn	11,1	5,17	5,21	0,4	0,4	0,2	4,8	4,8	3,4	12,1	12,1	11,4	21,3	21,3	21,2	
	Jl	10,8	5,14	5,10	0,4	0,5	0,4	5,3	3,8	4,7	13,0	13,3	12,9	23,5	24,5	23,1	
Salcarco 1971/82	My	6,4	3,65	3,46	1,0	1,0	-	12,3	10,7	-	25,8	26,4	-	-	-	-	
	Jn	3,4	3,30	3,43	4,8	4,8	-	22,8	20,4	-	29,9	29,2	-	-	-	-	
	Jl	3,1	3,50	4,12	7,0	7,0	-	22,5	21,0	-	25,8	25,5	-	-	-	-	
Esperanza 1956/66	Ag	3,3	3,22	3,57	5,5	5,5	-	22,2	21,5	-	30,6	29,6	-	-	-	-	
	My	9,9	4,92	4,40	0,3	0,4	0,6	4,5	3,2	4,4	14,9	15,3	14,5	26,2	27,2	27,1	
	Jn	7,9	5,24	5,16	1,9	1,9	1,0	9,7	9,6	7,0	18,6	19,5	20,8	27,3	27,4	27,7	
Cippelletti 1956/66	Jl	7,0	5,47	5,45	3,1	3,1	2,6	13,0	11,1	10,3	20,6	21,6	23,4	28,6	28,8	29,6	
	Ag	7,2	4,90	4,42	1,6	1,6	2,6	10,8	0,8	9,1	20,5	21,7	22,7	29,5	29,8	28,5	
	My	3,1	4,67	4,02	6,8	6,8	-	21,3	21,1	-	29,6	30,9	-	31,0	31,0	-	
Cippelletti 1956/66	Jn	1,2	4,76	4,62	11,9	11,9	-	35,4	23,8	-	29,3	29,2	-	30,0	30,0	-	
	Jl	0,7	4,91	5,34	13,9	13,9	-	25,5	24,5	-	30,5	29,9	-	30,9	30,9	-	
	Ag	2,0	4,01	4,17	9,8	9,8	-	24,1	23,7	-	30,4	30,2	-	31,0	31,0	-	

- 4.- se transforma "c" en la probabilidad correspondiente mediante la tabla del Cuadro N°2;
- 5.- multiplicando el valor % de la probabilidad por N, se obtendrá la estimación de la cantidad de días ("d") del mes con temperatura mínima igual o inferior a cada tm de la escala descendente;
- 6.- haciendo la diferencia entre los pares de valores sucesivos "d" así encontrados, se obtendrá la cantidad de días intermedios ("di") con temperatura mínima igual a la tm intermedia entre los respectivos pares de la escala

II.- No disponiendo valores de \bar{fh} .

En estos casos, la estimación del número medio de días con distintas tm , se puede estimar recurriendo al procedimiento basado en la correlación que se supone debe existir entre los valores de sumas térmicas (Σt) acumuladas por encima o por debajo de una dada temperatura base (tb) por un lado, y la cantidad de días en los que se cumple tal sumatoria, por el otro.

Este método fue anteriormente aplicado a la estimación de unidades calóricas (E.A. Damario, Rev.Fac.Agr. La Plata, 61 (1-2):5-16, 1985/86) y esencialmente consiste en calcular un valor:

$$h = \frac{\bar{tm} - tb}{\sigma_{\bar{tm}} \sqrt{N}} \quad [2]$$

Métodos para estimar valores agroclimáticos de...

Cuadro N°4: Tabla de transformación de "h" en "l"

h	l								h	l							
	G ^{0.05}	G ^{1.00}	G ^{1.25}	G ^{1.50}	G ^{1.75}	G ^{2.00}	G ^{2.25}	G ^{2.50}		G ^{0.05}	G ^{1.00}	G ^{1.25}	G ^{1.50}	G ^{1.75}	G ^{2.00}	G ^{2.25}	G ^{2.50}
-0,00	260	220	192	172	153	140	129	120	-0,56	638	616	601	587	580	575	570	565
-0,01	265	225	197	177	158	144	134	125	-0,57	646	624	610	596	589	585	579	574
-0,02	270	231	202	181	164	150	139	130	-0,58	654	633	619	605	598	593	588	583
-0,03	274	235	207	187	170	156	146	136	-0,59	662	641	628	613	607	603	597	592
-0,04	279	240	212	191	175	162	151	141	-0,60	670	649	636	623	617	612	607	602
-0,05	284	245	217	197	181	168	157	146	-0,61	678	658	645	633	627	621	616	612
-0,06	290	250	222	202	187	173	162	152	-0,62	685	667	654	643	637	631	626	622
-0,07	295	256	228	208	192	179	168	158	-0,63	693	675	663	651	645	640	635	632
-0,08	300	260	234	213	197	185	174	164	-0,64	702	684	671	661	655	650	646	643
-0,09	306	267	239	219	204	191	180	170	-0,65	710	693	680	671	665	660	655	652
-0,10	311	272	245	225	211	197	187	176	-0,66	718	701	690	680	674	669	665	663
-0,11	317	279	252	231	217	204	193	183	-0,67	727	710	699	690	684	679	675	673
-0,12	322	285	257	237	223	210	199	190	-0,68	735	719	708	700	694	689	685	683
-0,13	329	292	263	243	230	216	207	197	-0,69	744	728	717	709	703	699	694	692
-0,14	336	298	270	250	237	223	214	205	-0,70	752	737	727	718	713	709	705	702
-0,15	342	305	276	257	243	230	220	212	-0,71	760	747	736	728	723	718	714	712
-0,16	348	312	283	264	251	237	228	219	-0,72	769	755	745	737	732	728	724	722
-0,17	355	318	290	270	257	244	235	227	-0,73	779	764	753	747	742	738	734	731
-0,18	361	325	296	277	264	251	241	234	-0,74	786	772	763	756	751	747	743	741
-0,19	369	333	303	284	271	259	250	242	-0,75	796	783	772	765	761	757	753	751
-0,20	375	340	310	291	278	267	257	250	-0,76	805	792	782	775	771	767	763	761
-0,21	382	346	317	298	286	274	265	258	-0,77	813	800	791	785	780	777	773	771
-0,22	389	353	324	305	293	282	273	266	-0,78	820	809	800	795	790	786	782	781
-0,23	398	360	333	313	300	290	281	274	-0,79	830	818	810	803	798	795	792	791
-0,24	403	367	339	320	308	298	290	282	-0,80	838	827	819	812	808	805	802	800
-0,25	410	374	345	328	316	306	297	290	-0,81	847	835	828	822	818	815	813	812
-0,26	417	381	353	336	324	314	306	299	-0,82	855	844	837	832	827	825	823	821
-0,27	425	389	360	344	332	323	315	308	-0,83	864	854	847	841	837	835	833	831
-0,28	432	397	368	352	341	331	323	316	-0,84	873	863	856	847	844	843	841	841
-0,29	439	404	376	359	348	340	332	324	-0,85	882	874	866	860	857	854	852	851
-0,30	446	412	384	367	358	348	340	333	-0,86	890	881	875	870	866	864	862	860
-0,31	453	419	392	375	365	356	348	341	-0,87	899	890	885	879	876	874	872	870
-0,32	460	427	400	383	373	364	357	341	-0,88	907	899	894	888	885	883	882	880
-0,33	468	434	408	391	381	373	365	357	-0,89	916	908	903	898	895	893	892	890
-0,34	475	441	416	399	390	381	373	365	-0,90	925	917	912	908	905	903	902	900
-0,35	482	449	424	408	398	390	382	375	-0,91	934	926	922	918	914	912	911	910
-0,36	489	456	432	415	406	398	390	382	-0,92	943	936	932	928	925	923	922	920
-0,37	496	463	440	424	416	407	399	391	-0,93	951	945	941	937	934	933	930	930
-0,38	504	471	448	432	423	415	407	399	-0,94	960	954	950	945	942	941	940	940
-0,39	512	477	454	439	429	422	413	406	-0,95	968	962	959	955	953	951	950	950
-0,40	517	486	464	449	440	432	425	417	-0,96	977	972	969	965	962	961	960	960
-0,41	526	495	472	457	449	441	433	427	-0,97	986	981	978	975	972	970	970	970
-0,42	533	502	478	465	456	449	441	435	-0,98	995	990	987	985	982	980	980	980
-0,43	540	510	488	474	465	458	450	444	-0,99	1000	999	996	994	991	990	990	990
-0,44	547	517	495	483	474	467	459	453	1,00	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
-0,45	555	526	504	491	482	476	467	462	-0,99	003	003	003	003	001	000	000	000
-0,46	562	534	511	500	490	484	477	471	-1,00	011	008	004	002	001	000	000	000
-0,47	570	542	522	508	499	493	486	479	-1,01	020	018	015	012	011	010	010	010
-0,48	577	549	531	516	508	502	495	489	-1,02	029	026	023	021	020	020	020	020
-0,49	586	558	539	525	517	511	505	499	-1,03	038	036	033	031	030	030	030	030
-0,50	593	566	548	533	526	520	513	507	-1,04	047	045	042	041	040	040	040	040
-0,51	600	574	557	543	535	529	523	517	-1,05	056	053	051	050	050	050	050	050
-0,52	608	582	565	550	543	539	533	527	-1,06	065	063	061	060	060	060	060	060
-0,53	615	590	574	559	553	547	543	537	-1,07	074	072	070	070	070	070	070	070
-0,54	622	598	583	568	561	556	553	547	-1,08	083	081	080	080	080	080	080	080
-0,55	630	607	592	578	571	566	563	556	-1,09	092	091	090	090	090	090	090	090
-0,56	638	616	601	587	580	575	570	565	-1,10	100	100	100	100	100	100	100	100

Cuadro N°5: Valores horarios del factor ℓ (en %) según la duración del día (Marc Hallaire, 1950).

Duración del día	horas																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
7	45	43	41	40	39	38	37	37	38	44	52	63	74	78	76	70	65	60	57	54	52	50	48	46
9	35	32	29	26	24	21	21	27	36	47	57	70	80	85	84	79	71	63	57	51	47	43	41	39
11	29	24	20	16	13	11	11	25	43	57	66	74	83	87	87	85	78	69	60	51	45	40	37	34
13	24	20	15	11	09	10	12	25	48	60	69	77	85	89	89	88	83	74	65	54	46	39	33	29
15	20	15	11	07	06	08	19	31	50	69	73	80	86	90	91	90	86	79	71	60	49	37	28	24

Cuadro N°6: Diferencias entre valores de temperaturas horarias observadas y calculadas con la fórmula de Marc Hallaire.

Localidad	Mes	$\Delta =$ observado menos calculado			Localidad	Mes	$\Delta =$ observado menos calculado		
		Nº de horas con Δ entre -0,5 a +0,5	Δ horaria negativa más alta	Δ horaria positiva más alta			Nº de horas con Δ entre -0,5 a +0,5	Δ horaria negativa más alta	Δ horaria positiva más alta
Córdoba	E	17	-1,1	-1,3	Tucumán	E	7	1,2	1,6
	J	4	-1,7	-1,2		J	6	1,3	1,5
B. Renancó	E	11	1,3	1,8	Corrientes	E	13	0,9	1,1
	J	10	1,2	2,0		J	17	1,1	0,5
Cipolletti	E	7	1,5	1,6	N. del Plata	E	7	1,5	2,5
	J	12	1,8	1,0		J	12	0,5	1,2

donde $\sigma_{\bar{m}}$ es la desviación típica de la serie de temperaturas mínimas medias mensuales usada para computar \bar{m} , es decir, el valor climático de la temperatura mínima media mensual.

A los fines del método, h debe ser negativo, por lo que corresponderá usar $(\bar{m} - t_h)$ ó $(t_h - \bar{m})$ en el numerador de la fórmula anterior, según convenga.

El valor de $\sigma_{\bar{m}}$ no figura en las estadísticas climatológicas, pero es fácil de obtener: basta disponer las temperaturas mínimas medias mensuales de una serie de diez o más años. Por otra parte, como ha sido demostrado que no existen diferencias significativas entre la variabilidad de las extremas medias y la variabilidad de la media mensual (E.A. Damario y A.J. Pascale, Rev. Fac. Agr. y Vet., 19(3):109-124, 1971.) se podrá también usar esta última, la que, de no poder computarse, se puede extrapolar de las cartas agroclimáticas publicadas sobre éste estadístico (E.A. Damario y A.J. Pascale, Rev. Fac. Agr. La Plata, 50(1-2): 103-128 1974).

El valor " h " debe ser transformado posteriormente en un valor " ℓ " por medio de la tabla del Cuadro N°4, usando la columna $\sigma_{\bar{m}}$ más aproximada (o interpolando si se desea más precisión). Luego se calcula la suma de temperaturas Σt mediante la ecuación:

$$\Sigma t = N [(\bar{m} - t_h) + \ell \cdot \sigma_{\bar{m}} \cdot \sqrt{N}] \tag{3}$$

Para estimar climáticamente temperatura mínima igual o inferior a t_{mx} , se procede así:

- a)- se computa Σt utilizando una $t_h = \bar{m}$; en este caso h será igual a cero y la suma de temperatura corresponderá a la que se totaliza por encima o por debajo de la \bar{m} . A esta sumatoria se la designa en adelante como " Σ_0 ";
- b)- se computa luego la Σt correspondiente a una $t_h = t_{mx}$. Como h debe ser negativo se usará $(\bar{m} - t_{mx})$ o $(t_{mx} - \bar{m})$ según que t_{mx} sea mayor o menor que \bar{m} ;

Métodos para estimar valores agroclimáticos de...

c)- para transformar las sumas de temperatura en cantidad de días "d" se usará:

$$d = N - [(0,25 N (\Sigma t / \Sigma_0 + \sqrt{\Sigma t / \Sigma_0})] \quad \text{si } t_{mx} > \bar{t}_m \quad [4]$$

ó

$$d = 0,25 N (\Sigma t / \Sigma_0 + \sqrt{\Sigma t / \Sigma_0}) \quad \text{si } t_{mx} < \bar{t}_m \quad [5]$$

Ahora, el procedimiento a usar entonces para estimar la distribución de las t_m dentro del mes y la cantidad de días que corresponden a cada t_m , es el siguiente (ver columnas 2 a 7 del Cuadro N°8 B):

- 1.- se computa Σ_0 de acuerdo a lo indicado;
- 2.- se conforma una escala descendente de t_m , de grado en grado, comenzando con la $t_m = 18,5^\circ\text{C}$;
- 3.- se computa el valor h para cada t_m de la escala;
- 4.- se determinan por tabla los respectivos valores de ℓ ;
- 5.- se computa las Σt según fórmula [3];
- 6.- se calculan los "d" es decir la cantidad de días con t_m igual o inferior a cada grado de la escala, según [4] ó [5];
- 7.- por diferencia entre los sucesivos valores "d", se obtendrá la estimación de la cantidad de días intermedios "di" con t_m igual intervalo medio entre los valores sucesivos de la escala descendente inicial.

B.- Estimación de las temperaturas horarias.

Para llegar al cómputo de las UF que se totalizan a lo largo de un día del cual se conocen solamente sus temperaturas extremas, es necesario reconstruir la marcha térmica horaria que haga posible, mediante la aplicación de la escala del Cuadro N°1, alcanzar el fin perseguido.

Esta reconstrucción se puede realizar utilizando el método estimatorio propuesto por Marc Hallaire (Marc Hallaire, M., *Compte Rendus*, 231:1533-1535, 1950) el cual se basa en calcular :

$$t_h = t_m - \ell A \quad [6]$$

siendo t_h la temperatura horaria estimada, A la amplitud diaria y ℓ un factor cuyo valor cambia, para cada hora del día, según la duración del día (DD). Los valores de ℓ , como

porcentajes, dados por el autor del método se reproducen en el Cuadro N°5. Los valores para DD pares pueden interpolarse linealmente.

DURACION DE DIA I R horas.

Temp. mínimas	Amplitud diaria									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
18,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
16,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
15,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
14,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
10,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

DURACION DE DIA I 10 horas.

Temp. mínimas	Amplitud diaria									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
18,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
16,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
15,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
14,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
10,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

DURACION DE DIA I 7 horas.

Temp. mínimas	Amplitud diaria									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
18,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
16,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
15,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
14,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
10,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

DURACION DE DIA I 9 horas.

Temp. mínimas	Amplitud diaria									
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22
18,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
17,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
16,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
15,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
14,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
12,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
11,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
10,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
9,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
8,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
7,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
6,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
0,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-1,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-2,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-3,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-4,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
-5,0	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Métodos para estimar valores agroclimáticos de...

DURACION DE DIA : 12 horas.

Temp. mínima	Amplitud diaria												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			
18,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
17,0	-20,5	-22,0	-22,5	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
16,0	-17,5	-19,5	-20,5	-21,5	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0
15,0	-15,0	-15,5	-16,0	-16,5	-17,0	-17,5	-18,0	-18,5	-19,0	-19,5	-20,0	-20,5	-21,0
14,0	-12,0	-12,5	-13,0	-13,5	-14,0	-14,5	-15,0	-15,5	-16,0	-16,5	-17,0	-17,5	-18,0
13,0	-9,0	-9,5	-10,0	-10,5	-11,0	-11,5	-12,0	-12,5	-13,0	-13,5	-14,0	-14,5	-15,0
12,0	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0	-8,5	-9,0	-9,5	-10,0	-10,5	-11,0	-11,5	-12,0
11,0	-3,0	-3,5	-4,0	-4,5	-5,0	-5,5	-6,0	-6,5	-7,0	-7,5	-8,0	-8,5	-9,0
10,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
9,0	7,5	7,0	6,5	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	1,5
8,0	16,0	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5
7,0	21,5	18,5	14,5	12,0	8,5	5,5	3,0	0,0	-2,0	-4,0	-6,0	-8,0	-10,0
6,0	24,0	20,5	16,5	14,5	12,0	9,5	7,0	4,5	2,0	-0,5	-3,0	-5,5	-8,0
5,0	24,0	22,5	20,0	17,0	14,0	11,0	8,0	5,0	2,0	-1,0	-4,0	-7,0	-10,0
4,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
3,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
2,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
1,0	19,0	21,0	22,0	20,0	19,0	17,0	15,0	13,0	11,0	9,0	7,0	5,0	3,0
0,0	11,5	15,5	18,0	19,0	17,5	16,0	14,5	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-1,0	6,0	12,0	14,5	16,5	16,0	14,5	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5	4,0
-2,0	1,5	8,0	11,5	14,0	15,0	14,0	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5	4,0
-3,0	0,0	3,0	6,0	9,0	11,5	13,5	14,0	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-4,0	0,0	0,0	2,5	5,5	9,0	11,5	13,5	13,5	12,5	11,0	9,5	8,0	6,5
-5,0	0,0	0,0	2,0	5,0	9,0	11,0	12,5	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5

DURACION DE DIA : 11 horas.

Temp. mínima	Amplitud diaria												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			
18,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
17,0	-20,5	-22,0	-23,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
16,0	-17,5	-20,0	-20,5	-21,5	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0
15,0	-15,0	-16,0	-17,0	-18,0	-19,0	-19,5	-20,0	-20,5	-21,0	-21,5	-22,0	-22,5	-23,0
14,0	-12,0	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5	-18,5	-19,5	-20,5	-21,5	-22,5	-23,5
13,0	-9,0	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5	-18,5	-19,5	-20,5
12,0	-6,0	-6,5	-7,5	-8,5	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5
11,0	-3,0	-3,5	-4,5	-5,5	-6,5	-7,5	-8,5	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5
10,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
9,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0	16,5
8,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5
7,0	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5	25,0
6,0	21,5	19,5	15,5	12,0	8,5	5,5	3,0	0,0	-2,0	-4,0	-6,0	-8,0	-10,0
5,0	24,0	20,5	16,5	14,5	12,0	9,5	7,0	4,5	2,0	-0,5	-3,0	-5,5	-8,0
4,0	24,0	22,0	20,0	17,5	15,0	12,5	10,0	7,5	5,0	2,5	0,0	-2,5	-5,0
3,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
2,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
1,0	19,5	21,5	22,0	20,5	19,5	17,5	15,5	13,5	11,5	9,5	7,5	5,5	3,5
0,0	11,5	16,0	18,0	19,5	18,0	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
-1,0	5,5	12,0	14,5	16,5	17,0	16,0	14,5	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-2,0	1,5	8,0	11,5	14,0	15,0	14,0	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5	4,0
-3,0	0,0	3,0	6,0	9,0	11,5	13,5	14,0	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-4,0	0,0	0,0	2,5	5,5	9,0	11,5	13,5	13,5	12,5	11,0	9,5	8,0	6,5
-5,0	0,0	0,0	2,0	5,0	9,0	11,0	12,5	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5

DURACION DE DIA : 13 horas.

Temp. mínima	Amplitud diaria												
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22			
18,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
17,0	-20,5	-22,0	-23,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0	-24,0
16,0	-17,5	-19,0	-20,0	-21,0	-21,5	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0	-22,0
15,0	-15,0	-16,0	-17,0	-18,0	-19,0	-20,0	-21,0	-21,5	-22,0	-22,5	-23,0	-23,5	-24,0
14,0	-12,0	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5	-18,5	-19,5	-20,5	-21,5	-22,5	-23,5
13,0	-9,0	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5	-18,5	-19,5	-20,5
12,0	-6,0	-6,5	-7,5	-8,5	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5	-15,5	-16,5	-17,5
11,0	-3,0	-3,5	-4,5	-5,5	-6,5	-7,5	-8,5	-9,5	-10,5	-11,5	-12,5	-13,5	-14,5
10,0	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
9,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0	13,5	14,0	14,5	15,0	15,5	16,0
8,0	15,0	15,5	16,0	16,5	17,0	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0
7,0	18,5	19,0	19,5	20,0	20,5	21,0	21,5	22,0	22,5	23,0	23,5	24,0	24,5
6,0	21,5	18,5	14,5	12,0	9,5	7,0	4,5	2,0	-0,5	-3,0	-5,5	-8,0	-10,5
5,0	24,0	20,5	16,5	14,5	12,0	9,5	7,0	4,5	2,0	-0,5	-3,0	-5,5	-8,0
4,0	24,0	22,5	20,0	17,0	14,0	11,0	8,0	5,0	2,0	-1,0	-4,0	-7,0	-10,0
3,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
2,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0	24,0
1,0	19,5	21,5	22,0	20,5	19,5	17,5	15,5	13,5	11,5	9,5	7,5	5,5	3,5
0,0	11,5	16,0	18,0	19,5	18,0	16,0	14,0	12,0	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0
-1,0	5,5	12,0	14,5	16,5	17,0	16,0	14,5	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-2,0	1,5	8,0	11,5	14,0	15,0	14,0	13,0	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5	4,0
-3,0	0,0	3,0	6,0	9,0	11,5	13,5	14,0	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5
-4,0	0,0	0,0	2,5	5,5	9,0	11,5	13,5	13,5	12,5	11,0	9,5	8,0	6,5
-5,0	0,0	0,0	2,0	5,0	9,0	11,0	12,5	12,5	11,5	10,0	8,5	7,0	5,5

Cuadro N°7: Unidades de enfriamiento totalizadas diariamente según temperatura media, amplitud térmica y duración de día.

Cuadro N°8: Aplicación del método propuesto al cálculo de las Unidades de frío en Buenos Aires para el mes de julio.

Rev. Facultad de Agronomía, 12(3):253-263, 1991.

A Cálculo de \bar{Q}_d -
 $\frac{rh}{N} = \frac{0,6}{31} = 0,01935$ tabla $c = -2,067$
 $-2,067 = \frac{0 - 7,7}{\bar{Q}_d} \rightarrow \bar{Q}_d = \frac{-7,7}{-2,067} = 3,7252$

	tm	tc	h	d	di	tm	UPd	UPt
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	18,5	2,899	0,998	31,0	0,1	18,0	-24,0	-2,40
2	17,5	2,631	0,996	30,9	0,2	17,0	-24,0	-4,80
3	16,5	2,362	0,991	30,7	0,3	16,0	-21,4	-6,42
4	15,5	2,094	0,982	30,4	0,4	15,0	-19,4	-9,70
5	14,5	1,825	0,965	29,9	0,5	14,0	-15,3	-12,24
6	13,5	1,557	0,948	29,1	0,6	13,0	-10,8	-12,96
7	12,5	1,288	0,900	27,9	0,7	12,0	-7,3	-12,41
8	11,5	1,020	0,846	26,2	0,8	11,0	-2,8	-6,61
9	10,5	0,752	0,774	24,0	0,9	10,0	1,1	3,08
10	9,5	0,483	0,685	21,2	1,0	9,0	6,1	18,91
11	8,5	0,215	0,585	18,1	1,1	8,0	7,6	25,08
12	7,5	-0,054	0,478	14,1	1,2	7,0	12,2	39,04
13	6,5	-0,322	0,373	11,6	1,3	6,0	16,2	48,60
14	5,5	-0,590	0,278	8,6	1,4	5,0	19,1	49,66
15	4,5	-0,859	0,195	6,0	1,5	4,0	20,7	41,40
16	3,5	-1,127	0,130	4,0	1,6	3,0	22,1	33,15
17	2,5	-1,396	0,081	2,5	1,7	2,0	24,0	24,00
18	1,5	-1,664	0,048	1,5	1,8	1,0	23,0	16,10
19	0,5	-1,933	0,027	0,8	1,9	0,0	19,4	7,76
20	-0,5	-2,201	0,014	0,4	2,0	-1,0	14,4	2,88
21	-1,5	-2,416	0,008	0,2	2,1	-2,0	10,3	1,03
22	-2,5	-2,738	0,003	0,1	2,2	-3,0	7,4	0,74
23	-3,5	-3,006	0,001	0,03				

$\overline{UP} = 244,34$

B Cálculo de ξ_0 -
 $h = \frac{7,7 - 7,7}{1,1919} = 0 \rightarrow l = 0,192$
 $\xi_0 = 31 (0 + (0,192 \times 1,1919 \sqrt{31})) = 39,4987 \sim 39,50$

	tm	tm-tb	h	l	xi	d	di	tm	UPd	UPt
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18,5	-10,8	1,627	1,687	0	31,00	0			
2	17,5	-9,8	1,477	1,477	0	31,00	0			
3	16,5	-8,8	1,326	1,326	0	31,00	0			
4	15,5	-7,8	1,175	1,175	0	31,00	1,54	15	-19,4	-26,00
5	14,5	-6,8	1,025	1,029	0,89	29,66	0,96	14	-15,3	-14,69
6	13,5	-5,8	0,874	0,885	2,26	28,70	1,18	13	-10,8	-12,74
7	12,5	-4,8	0,723	0,745	4,46	27,52	1,45	12	-7,3	-10,58
8	11,5	-3,8	0,573	0,610	7,69	26,07	1,52	11	-2,8	-4,29
9	10,5	-2,8	0,422	0,478	11,54	24,55	2,40	10	1,1	2,64
10	9,5	-1,8	0,271	0,260	18,26	22,15	3,19	9	6,1	18,46
11	8,5	-0,8	0,120	0,257	28,07	18,96	4,39	8	7,6	17,74
12	7,5	0,2	0,030	0,207	36,38	14,57	3,92	7	12,2	47,82
13	6,5	1,2	0,181	0,296	23,69	10,65	2,67	6	16,2	41,25
14	5,5	2,2	0,332	0,408	15,73	7,98	2,10	5	19,1	40,11
15	4,5	3,2	0,482	0,531	10,04	5,88	1,42	4	20,7	28,79
16	3,5	4,2	0,633	0,665	6,60	4,46	1,11	3	22,1	24,53
17	2,5	5,2	0,784	0,804	4,20	3,35	1,08	2	24,0	25,92
18	1,5	6,2	0,934	0,945	2,21	2,27	2,27	1	23,0	52,21
19	0,5	7,2	1,085	1,085	0	0				

$\overline{UP} = 250,41$

E.A. DAMARIO Y R. RODRIGUEZ

Métodos para estimar valores agroclimáticos de...

Teniendo en cuenta que la estimación de las \overline{UF} tiene un carácter climático, la fórmula [6] se aplicará usando los valores de \overline{tm} y \overline{A} , así como la DD media mensual. La aplicación del método de M. Hallaire a los datos de algunas localidades argentinas permitió obtener diferencias aceptables (Cuadro N°6) para el fin perseguido, esto es, estimar la cantidad de horas diarias incluidas en cada rango de la escala de las UF .

Como el cómputo de las th y su posterior transformación en UF puede resultar engorroso, se han confeccionado al efecto las tablas del Cuadro N°7, las cuales facilitan la obtención de las UF totalizadas diariamente según la tm . Una vez estimada la distribución mensual de temperaturas mínimas por aplicación del procedimiento con \overline{fh} o con Σt , el cómputo de las UF resulta sencillo seleccionando la tabla con la DD más próxima y entrando a la misma con la amplitud mensual climática correspondiente.

Ejemplo integral sobre el método de estimación de las \overline{UF} .

En el Cuadro N°8 se muestra el procedimiento completo del sistema de estimación propuesto, aplicándolo a los datos correspondientes al mes de julio, en Buenos Aires, para el período 1976-85. Para el mismo período, los valores climáticos observados para los diversos elementos incluidos en el método son :

* Temperatura máxima media : $\overline{tM} = 15,6^{\circ}\text{C}$

* Temperatura mínima media : $\overline{tm} = 7,7^{\circ}\text{C}$

* Desviación típica de tm : $\sigma_{tm} = 1,1919^{\circ}\text{C}$

Desviación típica diaria : $\sigma_d = 3,7520^{\circ}\text{C}$

* Frecuencia media heladas : $\overline{fh} = 0,6^{\circ}\text{C}$

* Duración media del día : $DD = 10,1 \text{ hs}$

Unidades de frío : $\overline{UF} = 256 .$

Los marcados * son los indispensables para aplicar el método.

En el Cuadro N°8 se aplican las dos formas propuestas, es decir, con \overline{fh} y con Σt . Las cifras de las columnas UFd en ambos cuadros se extrajeron de las tablas del Cuadro N°7 para las tm indicadas en las columnas 6 y 8, respectivamente. El producto de las UFd por los di de cada línea produce las UFt de la columna final, cuya suma algebraica conduce al valor \overline{UF} buscado.