

## ECOFISIOLOGIA DEL CULTIVO

### CONSIDERACIONES SOBRE EL COMPORTAMIENTO DE FACTORES

#### CLIMATICOS EN LA ZONA NORTE DEL PAIS

Andrés Lavecchia <sup>1</sup>  
Julio Méndez <sup>2</sup>

Se presenta a continuación el estudio comparativo entre los datos climáticos que se sucedieron en esta zafra 96/97 y la serie histórica de datos, lo cual puede explicar en parte los altos rendimientos obtenidos, ya que dichos eventos tienen influencia directa sobre los componentes del rendimiento. En base a los datos del Boletín Agrometeorológico de la DNM, de las estaciones meteorológicas de los departamentos de Tacuarembó, Artigas y Bella Unión se estudiaron los siguientes factores climáticos: temperatura del aire, medias máximas y mínimas; precipitaciones; radiación solar y evaporación del "Tanque A".

Podemos considerar que el ciclo del cultivo de Arroz comienza con los laboreos primarios en el mes de agosto y finaliza con la cosecha en mayo. Dentro de este rango estudiaremos de qué manera el rendimiento final pudo ser afectado directa o indirectamente por los factores climáticos. A los efectos de determinar la influencia de dichos factores sobre el rendimiento en granos, simularemos tres fechas de siembra (10 de octubre, 10 de noviembre y 20 de diciembre), ubicando el comienzo del Período Crítico (21 días antes y después del comienzo de floración) aproximadamente 100 días después de la siembra para las dos primeras fechas y 90 días después para la última fecha de siembra.

#### PRECIPITACIONES

Este factor climático determina en primer lugar el volumen de agua que disponemos para el cultivo, por lo tanto, indica el área de cultivo a realizar. En segundo lugar determina indirectamente la fecha de siembra, ya que incide sobre los laboreos de tierras, por lo tanto puede determinar también, el sistema de siembra. En tercer lugar, determina, junto con la pendiente del terreno, la sistematización de la chacra.

En el Cuadro 1 se presentan los datos de precipitaciones para las tres localidades en estudio. En los datos de precipitaciones para el departamento de Tacuarembó, podemos ver que para el promedio anual se originó un déficit acumulado de 178 mm en la zafra 95/96 y que este déficit aumentó para la zafra 96/97, llegando a 513 mm. Otro dato a destacar es que las precipitaciones no ocurrieron en la época de acumulación de reservas de agua en las represas, ni tampoco en la época de preparación de tierras, ubicándose el mayor volumen de precipitaciones después de el mes de octubre. Esto permitió una buena preparación de la

<sup>1</sup> Ing. Agr. M.Sc. Programa Arroz - INIA Tacuarembó

<sup>2</sup> Ing. Agr. - Asesor - Programa Arroz - INIA Tacuarembó

sementera y sobre todo, ubicar un porcentaje bastante alto del área sembrada en épocas tempranas, mientras que los que no contaban con agua almacenada fueron obligados a realizar siembras tardías, o realizar siembra directa sobre campo natural o rastrojos. En Bella Unión las precipitaciones ocurridas en la zafra 95/96 recuperaron en parte el déficit acumulado, restando apenas 44 mm, terminando con un déficit de 351 mm en la zafra 96/97. La situación parece de mayor preocupación en la zonas próxima a la ciudad de Artigas, donde el déficit acumulado va en aumento desde la zafra 94/95, llegando a 1213 mm en la zafra 96/97. Es necesario tener presente que el promedio anual para esta región es de 1511 mm, casi 200 mm mayor que las regiones de Tacuarembó y Bella Unión, lo que magnifica el resultado obtenido cuando comparamos las tres regiones, ya que si observamos los promedios de precipitaciones ocurridos en el período de agosto a mayo, vemos que las diferencias entre localidades no son tan importantes.

Si bien las lluvias ocurren en el período de floración, estas no estarían afectando los rendimientos por falta de luz, ya que son lluvias de gran intensidad y concentradas en el tiempo, coincidiendo con el período de máxima intensidad de luz. En cambio, estos eventos sí podrían afectar las pérdidas de suelo, ya que las lluvias se producen en momentos en que el cultivo está siendo regado, y si la chacra no tiene un buen sistema de desagüe, la acumulación excesiva de agua en los cuadros produce roturas en las tapias y arrastres importantes de suelo.

Cuadro 1. DATOS DE PRECIPITACIONES MEDIAS MENSUALES EXPRESADAS EN MM

TACUAREMBO															
MESES	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	MEDIA
E	120	147	97	194	122	215	38	19	116	70	266	87	46,2	104,22	118
F	305	345	14	129	7	43	14	387	23	157	63	99	295,4	68,5	145
M	68	61	186	166	199	93	74	295	26	87	139	103	124	84,1	118
A	60	86	52	261	225	76	101	236	316	273	238	46	66,7	261	155
M	76		169	181	129	2	34	72	54	192	38	61	22,3	7,9	85
J	43		88	66	25	29	6	4	144	203	76	140		25,9	74
J	123		141	38	95	111	39	17	198	45	73	224	165,8	0	96
A	94		194	57	133	133	115	32	25		22	136	18,9	0	79
S	153		93	104	51	150	83	77	95	71	42	79	89,42	0	90
O	77		123	99	87	57	100	172	47	71	143	203	119,1	74,9	103
N	149		66	393	44	97	157	122	120	45	131	52	82,5	161,6	129
D	45		71	7	92	56	97	262	193	232	256	72	125,5	194,4	125
E	147	97	194	122	215	38	19	116	70	266	87	46	104,2	81,6	116
F	345	14	129	7	43	14	387	23	157	63	99	295	68,5	154,5	146
M	61	186	166	199	93	74	295	316	87	139	103	124	84,1	171,7	137
A	86	52	261	225	76	101	236	54	273	238	46	67	261	47,4	132
M		169	181	129	2	34	72	144	192	38	61	22	7,9		92
Prom. anual	1313	639	1293	1693	1208	1061	858	1695	1355	1447	1487	1300	1156	983	1317
Prom.A - M	1157	517	1477	1340	835	753	1562	1318	1258	1163	990	1096	961	886	1148
Para el Promedio anual = Déficit puntual											170	-17	-161	-335	
Déficit acumulado												-17	-178	-513	

**ARTIGAS**

MESES	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	MEDIA
E	159	341	56	166	148	536	53	98	41	53	273	14	50,62	358,7	161
F	427	324	101	77	24	78	12	240	58	333	54	208	188,6	92,2	172
M	92	199	258	318	360	4	137	210	80	80	57	101	126,9	98,4	143
A	79	125	112	311	194	36	185	223	551	147	120	71	62,6	300,8	169
M	300	189	189	164	70	10	17	80	107	401	279	65	58,5	10,7	141
J	81		76	112	54	60	39	23	172	548	70	127		0	114
J	256		137	31	156	34	25	40	130	303	51	61	112,2	0	100
A	47		80	69	92	65	126	22	38	4	10	63	3,4	0	56
S	49		109	86	215	163	21	88	119	61	42	87	97,3	0	97
O	97		134	148	51	61	97	139	182	89	252	181	179,3	120,4	130
N	152		4	240	98	127	107	174	60	59	228	47	71,3	108,6	128
D	33		28	3	30	76	197	310	292	88	42	143	11,2	98,9	99
E	341	56	166	148	536	53	98	41	53	273	14	51	358,7	45,9	160
F	324	101	77	24	78	12	240	58	333	54	208	189	92,2	245,1	164
M	199	258	318	360	4	137	210	80	80	57	101	127	98,4	43,1	144
A	125	112	311	194	36	185	223	551	147	120	71	63	300,8	96,5	174
M	189	189	164	70	10	17	80	107	401	279	65	59	10,7		139
Prom. anual	1772	1178	1283	1725	1490	1249	1015	1647	1830	2167	1476	1168	962	1189	1511
Prom. M - A	1556	716	1391	1341	1149	894	1399	1569	1706	1084	1032	1009	1223	759	1290

Para el promedio anual = Déficit puntual -34 -343 -543 -322  
 Déficit acumulado -343 -891 -1213

**BELLA UNION**

MESES	83/84	84/85	85/86	86/87	87/88	88/89	89/90	90/91	91/92	92/93	93/94	94/95	95/96	96/97	MEDIA
E	74	145	19	94	133	5	15	167	106	114	186	35	126,2	246,9	101
F	368	289	186	36	6			195	83	142	32	170	134,1	19,9	146
M	110	193	165	2	44		70	220	86	253	168	89	166,7	152,7	126
A	147	55	159	201	181	35	182	251	81	336	155	87	61	262,4	149
M	340		141	64	59	5	12	50	70	211	212	130	82,1	17	111
J	56		105	112	28	28	19	34	153	209	59	71	0		76
J	133		107	6	132	25	0	57	107	62	26	49	143,5		67
A	37		89	44	78	70	119	26	43	28	13	66	100,2		62
S	65		83	129	40	100	54	76	40	73	15	75	228,3		93
O	90		174	71	8	5	76	282	184	66	302	147	174,1	81,4	123
N	89		118	136	52	146	111	225	64	68	240	71	166	144,5	131
D	89			18	1	6	125	273	236	280	74	98	69	59,9	105
E	145	19	94	133	5	15	167	106	114	186	35	126	246,9	85,6	103
F	289	186	36	6			195	83	142	32	170	134	19,9	381,7	157
M	193	165	2	44		70	220	86	253	168	89	167	152,7	50,2	126
A	55	159	201	181	35	182	251	81		155	87	61	262,4	111,3	141
M		141	64	59	5	12	50	70	211	212	130	82	17		107
Prom. anual	1598	682	1348	912	762	424	782	1855	1254	1842	1482	1088	1451	985	1292
Prom. A - M	1052	670	861	821	222	606	1367	1308	1288	1268	1154	1027	1437	915	1149

Para el promedio anual = Déficit puntual 190 -204 160 -307  
 Déficit acumulado -204 -44 -351

\* Datos extraídos del Boletín Agrometeorológico D.N.M.

### TEMPERATURAS

Debido a que el arroz es una planta de origen tropical, las bajas temperaturas producen daños severos al cultivo, sobre todo cuando estas temperaturas ocurren entre el período de desarrollo de la panoja y la antesis (Blanco, P.; Pérez de Vida, F. y Roel A. 1993); encontrándose variaciones en la intensidad del daño entre cultivares. Estudios realizados por Yamada, 1955; Murata, 1961 y Tsuno 1978, determinaron un amplio rango de temperaturas óptimas para la actividad fotosintética en arroz, que va desde 18 °C. hasta 33 °C, disminuyendo bruscamente por debajo de 18 y por encima de 33 °C.

En base a los datos del Boletín Agrometeorológico, se presentan graficados los datos de temperaturas máximas medias y mínimas medias que se sucedieron en la zafra 96/97, comparados con los datos de la serie histórica para las localidades de Tacuarembó, Artigas y Bella Unión.

Como se detalló anteriormente, se simularon tres fechas de siembra que originan sus respectivos tres Períodos Críticos (PC). Para las tres localidades podemos observar, en las zafra 1, 2 y 3, que las dos primeras fechas de siembra (10/10 y 10/11, ubicaron sus PC en momentos en que las temperaturas mínimas fueron superiores a 15 °C y algo superior a la serie histórica. En cambio para la tercera fecha de siembra, 20/12, en el rango comprendido por su PC, ocurrieron temperaturas inferiores a 15 °C, lo que pudo haber afectado el rendimiento, sobre todo en el cultivar El Paso 144, susceptible a bajas temperaturas. Las temperaturas máximas medias fueron casi siempre inferiores a la media histórica en las tres localidades.

En el Cuadro 2 se presentan los datos de Suma Térmica con base 10 °C. Este parámetro fue utilizado por Roel A. y Blanco F. (1993) como método de determinación de las necesidades de acumulación térmica para que el cultivo alcance el comienzo de la floración y la maduración, considerando 10 °C como base de dicha acumulación. A los efectos de poder comparar las necesidades de suma térmica en cada localidad, se estudio este parámetro para la primera fecha de siembra (10/10), desde el momento de la siembra hasta 100 días después de la misma, observándose que en todas las localidades se logró superar la suma térmica necesaria para que el cultivar El Paso 144 comience a florecer dentro de ese período, ya que es el cultivar que presentó mayores requerimientos (1186 °C) en el trabajo presentado por Deambrosi, E. y Méndez, R. 1996. También se presentan en el Cuadro 2 los valores de la suma térmica ocurridos en la zafra 96/97, para los tres períodos críticos, comparándolos con la serie histórica y con la zafra anterior. Es de destacar que en la localidad de Tacuarembó, el PC (1) fue menor al de la serie histórica y los PC (2) y (3) fueron los que presentaron valores más bajos de suma térmica. En las localidades de Artigas y Bella Unión, presentaron valores apenas 4% mayores a la serie histórica en el PC (1) y algo inferiores en los períodos críticos (2) y (3). La zafra se caracteriza por tener valores de suma térmica similares o algo menores a los valores de la serie histórica, lo cual no sería un factor negativo en la obtención de altos rendimientos en cada uno de los períodos estudiados.

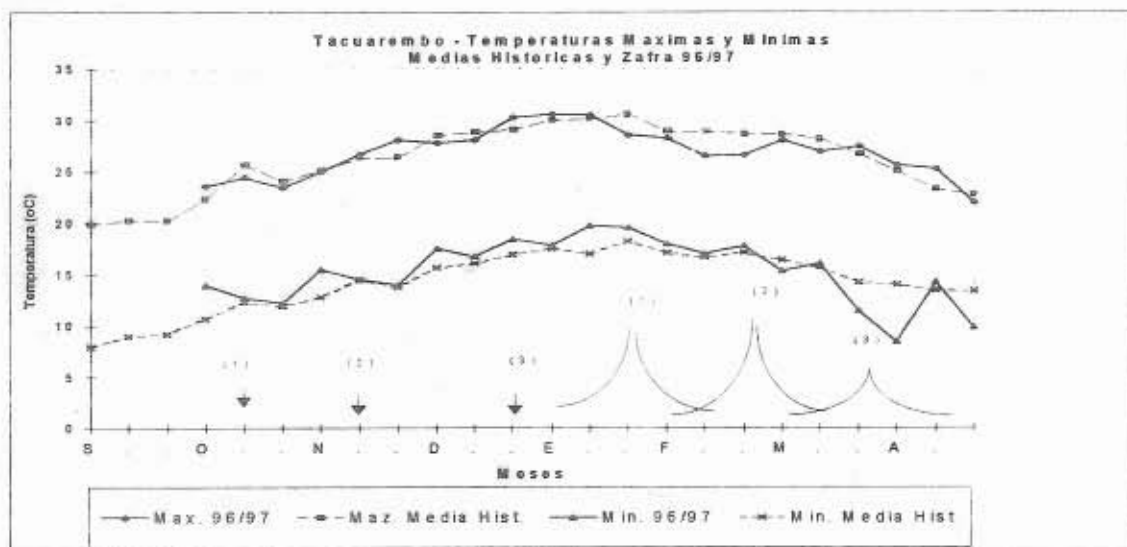


Gráfico 1. - Temperaturas máximas y mínimas . Tacuarembó

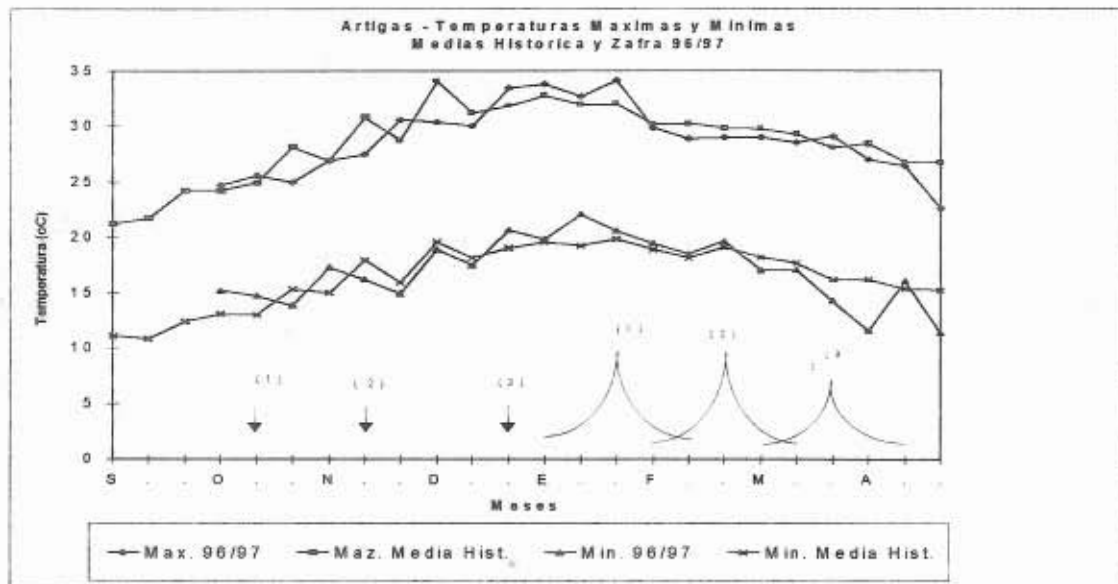


Gráfico 2. Temperaturas máximas y mínimas. Bella Unión



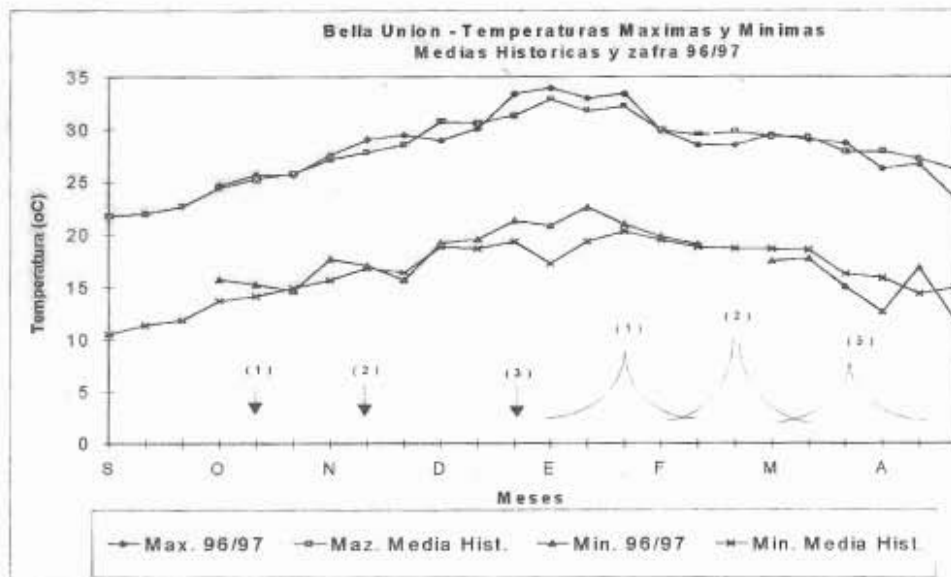


Gráfico 3 . Temperaturas máximas y mínimas. Artigas

**CUADRO 2. SUMA TERMICA PARA LOS PERIODOS CRITICOS DE CADA EPOCA DE SIEMBRA Y PARA EL ENTORNO 10 DE OCTUBRE - 10 DE ENERO (1ra fecha de siembra)**

DEPARTAMENTO	PARAMETROS	SUMA TERMICA (°C)			
		10 Oct.-10 Ene.	Per. crítico (1)	Per. crítico (2)	Per. crítico (3)
TACUAREMBO	Media	1538	834	786	756
	Zafra 95/96	1504	798	789	761
	Zafra 96/97	1544	817	728	724
	Dif. % (Z-M/M)	0,39	-2,04	-7,38	-4,23
	Dif Grados/día	0,07	-0,40	-1,38	-0,76
ARTIGAS	Media	1792	912	840	808
	Zafra 95/96	1821	900	828	805
	Zafra 96/97	1732	949	805	794
	Dif. % (Z-M/M)	-3,35	4,06	-4,17	-1,73
	Dif Grados/día	-0,67	0,88	-0,83	-0,33
B. UNION	Media	1702	912	825	803
	Zafra 95/96	1789	901	815	783
	Zafra 96/97	1741	948	802	795
	Dif. % (Z-M/M)	2,29	3,95	-2,79	-1,00
	Dif Grados/día	0,43	0,86	-0,55	-0,19

### EVAPORACION

Las variaciones de la temperatura producen en la atmósfera cambios en la presión de saturación del vapor de agua. Es así que, un aumento de la temperatura, produce cambios en el contenido de humedad de la atmósfera que rodea las plantas, determinando una menor humedad relativa, aumentando por lo tanto el déficit de presión de vapor, induciendo a la planta a realizar una mayor transpiración. Estas temperaturas pueden afectar la fotosíntesis indirectamente, al producir cambios en las condiciones de humedad de la atmósfera, que modifiquen el intercambio gaseoso entre planta y ambiente. La entrada de  $CO_2$  a la planta (por lo tanto la producción de materia seca) disminuye debido a una mayor resistencia estomática (ya que los estomas se cierran para no permitir que la planta se deshidrate) cuando la humedad relativa desciende por debajo de 60 % (Horie 1979).

Hasta ahora, una de las formas que teníamos para saber cual era el efecto de este factor en las diferentes localidades, eran los datos brindados por la evaporación del "Tanque A". Este dato, sólo nos muestra como la temperatura actúa sobre el proceso físico de evaporación y no como responde biológicamente el cultivo y más aún cada cultivar, frente a los diferentes cambios que se producen diariamente en un ambiente, o entre una localidad y otra.

En el Cuadro 3 se presentan los datos de evaporación del Tanque A para las tres localidades, comparando los valores de la media histórica con los de la zafra 96/97 y 95/96.

**CUADRO 3. EVAPORACION DEL TANQUE "A" - MEDIAS HISTÓRICAS Y ZAFRAS ACTUAL Y ANTERIOR**

DEPARTAMENTO	PARAMETROS	EVAPORACION TOTAL EN EL PERIODO (mm)			
		Enero - Marzo	Per. crítico (1)	Per. crítico (2)	Per. crítico (3)
TACUAREMBO	MEDIA	1.387	330	248	220
	ZAFRA 96/97	1.348	351	234	253
	ZAFRA 95/96	1.540	313	209	281
	Dif.(Z-M)	-39	21	-14	33
	% (Z-M)/M	-3	6	-6	15
ARTIGAS	MEDIA	1.409	365	255	205
	ZAFRA 96/97	1.217	221	203	177
	ZAFRA 95/96	1.468	315	242	217
	Dif.(Z-M)	-192	-144	-52	-28
	% (Z-M)/M	-14	-39	-20	-14
B.UNION	MEDIA	1.252	237	252	185
	ZAFRA 96/97	1.372	278	291	180
	ZAFRA 95/96	1.280	250	227	193
	Dif.(Z-M)	120	41	39	-5
	% (Z-M)/M	10	17	15	-3

Dif.(Z-M) = diferencia entre datos de la zafra y los datos medios

% (Z-M)/M = porcentajes de la diferencia anterior respecto a la media

### RADIACION SOLAR

En una población de plantas los procesos productivos dependen de una compleja interacción entre factores del medio ambiente y biológicos. La intensidad de la luz y las estructuras productivas de la población de plantas son los factores mas importantes que determinan la producción de materia seca. En el Cuadro 4 se presenta la sumatoria de horas de luz para los periodos Oct-Dic, Ene-Mar. y los tres periodos críticos. Vemos que no hubieron diferencias importantes para los periodos Oct-Dic y Ene-Mar. y PC (1), entre la zafra 96/97 y la serie histórica en las tres localidades. El PC (2) recibió menor número de horas de luz en las tres localidades siendo las menores en Bella Unión y Tacuarembó, el PC (3) recibió mayor cantidad de horas de luz en la zafra 96/97 que en la serie histórica en las tres localidades, pero este PC debe haber tenido mayor influencia de las bajas temperaturas ocurridas que por la radiación solar.

**CUADRO 4. SUMATORIA DE HORAS DE LUZ PARA LOS PERIODOS CRITICOS DE CADA EPOCA DE SIEMBRA Y PARA LOS ENTORNOS Oct.-Dic. y Ene. -Mar. (Medias históricas y zafras 95/96 y 96/97)**

DEPARTAMENTO	PARAMETROS	SUMATORIA DE HORAS DE LUZ EN EL PERIODO				
		Oct. - Dic.	Enero - Marzo	Per. crítico (1)	Per. crítico (2)	Per. crítico (3)
TACUAREMBO	MEDIA	756	741	355	298	322
	ZAFRA 96/97	726	758	373	241	369
	ZAFRA 95/96	818	740	332	307	354
	Dif.(Z-M)	-30	17	18	-57	47
	% (Z-M)/M	-4	2	5	-19	15
ARTIGAS	MEDIA	735	726	355	305	289
	ZAFRA 96/97	736	810	385	293	390
	ZAFRA 95/96	836	733	323	328	304
	Dif.(Z-M)	1	84	30	-12	101
	% (Z-M)/M	0	12	8	-4	35
B.UNION	MEDIA	791	782	388	319	304
	ZAFRA 96/97	804	781	390	252	402
	ZAFRA 95/96	857	802	376	339	322
	Dif.(Z-M)	13	-1	2	-67	98
	% (Z-M)/M	2	0	1	-21	32



### RESUMEN

Los buenos rendimientos de Arroz obtenidos en la presente zafra, hay que relacionarlos en buena medida con las mejores condiciones climáticas que se produjeron. De los factores estudiados, la radiación solar y la evaporación del Tanque A, son los que presentan mayores variaciones respecto a zafra pasadas, pero fueron las bajas temperaturas ocurridas a fines de marzo y primeros días de abril, las que estaría explicando los bajos rendimientos obtenidos en los cultivares que se sembraron tarde.

Los datos resúmenes se presentan en el cuadro 5.

**CUADRO 5. RADIACION SOLAR , SUMA TERMICA, Y EVAPORACION DEL TANQUE A .  
PARA LAS LOCALIDADES DE TACUAREMBO, RIVERA, ARTIGAS Y B. UNION**

TACUAREMBO	Media Hist.	96/97	95/96	[(Z - M)/M ]%
<b>SUMATORIA DE HORAS DE LUZ</b>				
Período Enero - Marzo	741	758	740	2,3
Período Crítico (1)	355	373	332	5,1
Período Crítico (2)	298	241	307	-19,1
Período Crítico (3)	322	369	354	14,6
<b>SUMA TERMICA</b>				
Período 10 Oct.-10 Ene.	1538	1544	1504	0,4
Período Crítico (1)	834	817	798	-2,0
Período Crítico (2)	786	728	789	-7,4
Período Crítico (3)	756	724	761	-4,2
<b>SUMA DE LOS (mm) EVAPORADOS</b>				
Período Enero - Marzo	1387	1348	1540	-2,8
Período Crítico (1)	330	351	313	6,4
Período Crítico (2)	248	234	209	-5,6
Período Crítico (3)	220	253	281	15,0

ARTIGAS	Media Hist.	96/97	95/96	[(Z - M)/M ]%
<b>SUMATORIA DE HORAS DE LUZ</b>				
Período Enero - Marzo	726	810	733	11,6
Período Crítico (1)	355	385	323	8,5
Período Crítico (2)	305	293	328	-3,9
Período Crítico (3)	289	390	304	34,9
<b>SUMA TERMICA</b>				
Período 10 Oct.-10 Ene.	1792	1732	1821	-3,3
Período Crítico (1)	912	949	900	4,1
Período Crítico (2)	840	805	828	-4,2
Período Crítico (3)	808	794	805	-1,7
<b>SUMA DE LOS (mm) EVAPORADOS</b>				
Período Enero - Marzo	1409	1217	1468	-13,6
Período Crítico (1)	365	221	315	-39,5
Período Crítico (2)	255	203	242	-20,4
Período Crítico (3)	205	177	217	-13,7

BELLA UNION	Media Hist.	96/97	95/96	[(Z - M)/M ]%
<b>SUMATORIA DE HORAS DE LUZ</b>				
Período Enero - Marzo	782	781	802	-0,1
Período Crítico (1)	388	390	376	0,4
Período Crítico (2)	319	252	339	-21,1
Período Crítico (3)	304	402	322	32,1
<b>SUMA TERMICA</b>				
Período 10 Oct.-10 Ene.	1702	1741	1789	2,3
Período Crítico (1)	912	948	901	3,9
Período Crítico (2)	825	802	815	-2,8
Período Crítico (3)	803	795	783	-1,0
<b>SUMA DE LOS (mm) EVAPORADOS</b>				
Período Enero - Marzo	1252	1372	1280	9,6
Período Crítico (1)	237	278	250	17,3
Período Crítico (2)	252	291	227	15,5
Período Crítico (3)	185	180	193	-2,7

% Ren. = es el % que representa la diferencia entre la última zafra y la media histórica, respecto a la media histórica.

(1) Fecha de siembra 10/10

(2) Fecha de siembra 20/11

(2) Fecha de siembra 20/12