

**EL BALANCE HIDROLÓGICO SERIADO: UNA
HERRAMIENTA PARA DETERMINAR PERÍODOS SECOS
Y HÚMEDOS. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA
CAPACIDAD DE CAMPO Y SU IMPACTO EN EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO ZEA MAÍZ**

Tesina del alumno

Gabilondo Gastón Damián

Este trabajo ha sido presentado como requisito

para la obtención del título de

INGENIERO AGRÓNOMO

Carrera: Ingeniería Agronómica

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales.

Universidad Nacional del NO de la Provincia de Buenos Aires.

Junín, 28 de abril de 2014

**EL BALANCE HIDROLÓGICO SERIADO: UNA
HERRAMIENTA PARA DETERMINAR PERÍODOS SECOS
Y HÚMEDOS. TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE LA
CAPACIDAD DE CAMPO Y SU IMPACTO EN EL
RENDIMIENTO DEL CULTIVO ZEA MAÍZ**

Tesina

del alumno

GASTÓN DAMIÁN GABILONDO

Aprobada por el Tribunal Evaluador de Tesina

.....

.....

Ing. Agr. Susana Martínez

Director

Escuela de Ciencias Agrarias, Naturales y Ambientales,

Universidad Nacional del NO de la Provincia de Buenos Aires.

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias a mi directora de tesina la Ing. Agr. Susana Beatriz Martínez, que desde un primer momento apoyó mis ideas, me motivó, y me orientó para llevarlas a cabo.

A mis hermanos y resto de mi familia que me dieron su apoyo para poder terminar; a mi novia que siempre me acompañó y me dió el aliento necesario para llegar a la meta; y particularmente a mi papá y a mi mamá, quienes me inculcaron el valor del estudio, y quienes siempre lucharon con uñas y dientes para darme lo mejor, fueron ellos quienes me dieron las herramientas y me mostraron el camino para llegar donde estoy y conducirme a ser la persona que soy, a ellos les debo y agradezco mi vida.

ÍNDICE

Resumen.....	Página 5
Introducción.....	Página 7
Hipótesis.....	Página 10
Objetivos.....	Página 10
Materiales y métodos.....	Página 11
Resultados y discusión.....	Página 16
Conclusiones.....	Página 24
Bibliografía.....	Página 26
Anexo.....	Página 29

RESUMEN

En este trabajo, además de destacar la importancia de la aplicación del balance hidrológico seriado (BHS), se presenta numéricamente la ocurrencia de situaciones hídricas, su distribución y variabilidad para la zona de Junín, también se evalúa el tiempo de recuperación de la capacidad de campo (CC) a través del método del balance hidrológico climático mensual partiendo de dos situaciones de almacenaje (300 y 150 mm). Otro objetivo planteado en este trabajo fue evaluar los impactos de las diferentes situaciones hídricas en el rendimiento promedio zonal del cultivo de maíz, para esto se prestó principal atención al desarrollo de dichas situaciones en el mes de diciembre. El estudio fue realizado a partir de una serie continua de datos de precipitación y temperatura mensual registrados en la Estación Meteorológica Junín Aéreo del SMN durante el periodo 1981-2010. Los mismos se analizaron a través del método de cálculo del balance hidrológico seriado.

Los meses con mayores porcentuales de déficit hídrico corresponden al trimestre estival (diciembre 50%, enero 50% y febrero 40%).

Estos porcentajes indican que los cultivos primavera-estivales se encuentran durante las etapas de crecimiento con situaciones poco favorables, expuestos a deficiencias de humedad edáfica. El mes de julio se destaca por su alto porcentaje de equilibrios hídricos (53%) y el mes de octubre por su alto porcentaje de excesos (50%) superiores a 100 mm el 17% de los años y excesos superiores a 50 mm el 33%.

Al cuantificar años de recuperación de la CC luego de delimitar un período seco se pudo observar que dicha recuperación se llevó a cabo en un período de 6 años (1976-1981).

Al analizar la situación hídrica de diciembre observamos que tanto los déficit como excesos impactan significativamente en el rendimiento promedio de la zona, este impacto se hizo más evidente en los últimos 20 años.

INTRODUCCIÓN

El clima de una región siempre ha sido una gran preocupación para el ser humano, especialmente para aquellas actividades propensas a recibir su impacto, como es el caso de la actividad agropecuaria. Una de las variables meteorológicas más relevantes es la precipitación y, más aún, la disponibilidad de agua en el suelo que tienen los cultivos en sus distintas etapas fenológicas. Cuando ésta es inadecuada y persiste en el tiempo podemos estar en presencia de una de las condiciones climáticas extremas con mayor impacto económico regional. Sin embargo, un cultivo puede encontrarse en condiciones hídricas desfavorables sin estar en presencia de un evento extremo. Además, una misma condición hídrica puede resultar perjudicial o beneficiosa según el cultivo del que se trate, de la etapa fenológica en que se encuentre o de la actividad agropecuaria a realizar (Penalba *et al.*, 2008). Los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas tienen como uno de los principales factores limitantes la disponibilidad de humedad del suelo, especialmente en la agricultura de secano (Murphy & Hurtado, 2011). La precipitación es el elemento meteorológico de mayor variabilidad espacial y temporal, y además, favorece la acumulación de humedad en el suelo quedando disponible para ser utilizada por las plantas. La precipitación, influye tanto en la época de plantación y cosecha, como así también en las labores culturales, el almacenamiento y el transporte de la producción. La evapotranspiración potencial y la precipitación son elementos climáticos independientes; en su marcha anual difícilmente coincidan en tiempo y espacio

(Cátedra de Agrometeorología, 2013). Es por ello que para estudiar la disponibilidad del agua del suelo resulta frecuente la resolución del balance hidrológico mensual climático propuesto por Thornthwaite (1948), utilizando los valores normales mensuales de evapotranspiración potencial y precipitación que nos permite caracterizar grandes regiones, pero no resuelven aquellos problemas que se plantean en situaciones donde se requiere el conocimiento de probabilidades mensuales de ocurrencia de excesos o deficiencias de agua. Para estas situaciones Pascale & Damario (1977) propusieron el balance hidrológico seriado (BHS) o mensual meteorológico, que posibilita conocer la variación anual de los distintos elementos del balance, establecer frecuencias y probabilidades, que en conjunto permiten cuantificar la aptitud productiva regional o local (Pascale & Damario, 1983). Asimismo, estas expresiones contribuyen a resolver aspectos agronómicos, tales como la planificación de labores culturales, el manejo del suelo, las rotaciones de cultivo, el manejo de pasturas, los regímenes de sequías y excesos de agua y, la oportunidad de uso de equipos y maquinarias específicas.

En la localidad de Junín, el cultivo de maíz es importante por su producción y por el aporte que significa en un plan de rotaciones frente a una disminución de las áreas de pasturas de una actividad ganadera en retroceso. El éxito del cultivo, tanto en su rendimiento físico como económico, se relaciona con las condiciones agrometeorológicas, principalmente de humedad, al inicio del ciclo normal de siembra y durante el tiempo de mayor sensibilidad del cultivo, que es aquel centrado en la floración (Classen & Shaw, 1970). La fecha de siembra es una herramienta de gran impacto sobre la disponibilidad hídrica para el cultivo de maíz.

La misma no solo define la posibilidad de partir con un perfil cargado de agua a la siembra, sino también la cantidad de agua útil durante el período crítico del cultivo. Partir con un perfil cargado al inicio del cultivo independiza más al cultivo de las variaciones en la oferta de precipitaciones durante el ciclo. La posibilidad de poder contar con registros diarios climáticos zonales, resulta útil para cuantificar las probabilidades del impacto de un cambio en la fecha de siembra (Maddonni., 2009).

La superficie del cultivo de maíz sembrado tardíamente en la región está creciendo año a año, no solo como una alternativa de manejo en los sistemas de producción tradicionales, sino como una alternativa de crecimiento del cultivo de maíz en zonas marginales o lotes con restricciones edáficas. El maíz tardío de alta tecnología permite aumentar los rendimientos y hacerlos más estables en estos ambientes en comparación con una siembra temprana donde, si bien el rendimiento potencial llega a ser mayor, estos tienen una menor estabilidad. También el cultivo de maíz de segunda sembrado luego de un cultivo de invierno, es cada vez más una alternativa rentable comparada con la soja de segunda. (Boletín técnico Dekalb N° 14,2011)

HIPÓTESIS

El balance hidrológico seriado (BHS) propuesto por Pascale & Damario (1977) permite delimitar períodos secos y períodos húmedos cuantificando el tiempo de recuperación de la capacidad de campo del suelo (CC) y además, evaluar su efecto sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

OBJETIVOS

- Calcular el BHS para el período 1981-2010 para la localidad de Junín.
- Determinar empíricamente períodos secos y húmedos en suelos de la localidad de Junín para el mismo período.
- Cuantificar años de recuperación de la CC luego de delimitar períodos secos.
- Analizar el impacto de los períodos de déficit hídrico, de exceso hídrico y de equilibrio sobre el rendimiento promedio del cultivo de maíz para la zona de estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización edafoclimática de la localidad de estudio

La localidad de Junín se ubica en el noroeste de la Provincia de Buenos Aires, a 34° 33´ de latitud sur y a 60° 55´ de longitud oeste. Es una región principalmente agrícola, siendo los cultivos extensivos de secano los más frecuentes. La soja es el principal cultivo implantado en la zona, y dentro de los cereales dominan principalmente el maíz y el trigo pan, y secundariamente la cebada cervecera.

El clima, de acuerdo con la clasificación propuesta por Koeppen (1948), es templado húmedo subtropical sin estación seca con verano caliente, las precipitaciones se distribuyen a lo largo de todo el año, presentando el máximo valor en verano y el mínimo en los meses de invierno. La mayor precipitación media acumulada ocurre en el mes de marzo con 121,8 mm y la mínima en junio con 25 mm. La temperatura media del mes más cálido es de 23,05 °C y se registra en enero; el mes más frío es julio con 8,9 °C. La precipitación media anual de la región es de 965,7 mm, teniendo un valor mínimo de 590,1 mm y un valor máximo de 1757,2 mm. (Estación meteorológica Junín Aéreo del Servicio Meteorológico Nacional, serie 1974-2011).

Tabla 1. Serie histórica (1981-2010) de precipitaciones en la localidad de Junín.

Año	Meses del año												Anual
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
1981	329,1	135,6	110,9	68,8	46,2	25,4	19	0	26,9	101,3	96	41,9	1001,1
1982	165,1	99,8	70,3	94,9	0	4	1	0,2	8,8	5	171,4	19,5	640
1983	98	29,9	58,6	94,2	118,1	3	0,2	24,8	13,2	156,2	39,8	131,8	767,8
1984	170,9	268,2	87,1	48,7	9,9	8,6	13,2	17,2	43,4	10,9	9,1	0	687,2
1985	123,4	105,1	142,2	120,2	63,6	29,1	29,5	38,1	49,5	131,6	116	125,3	1074,1
1986	123,4	105,1	142,2	120,2	63,6	29,1	29,5	38,1	49,5	131,6	116	125,3	1074,1
1987	0,7	65	37	0	0	0,2	127,2	18,7	15,4	36	183,1	118,8	602,1
1988	39,3	27,6	211,3	52	0,5	10,1	37	2,5	71,6	48,2	30,2	75,9	606,2
1989	100,3	126,2	123,6	78,9	96	68	29,7	36,3	20,8	31,2	46,4	181,8	939,2
1990	177,1	122,9	329,1	114,7	54,6	0,4	32,6	29,8	84,4	175,1	193,7	91,5	1405,9
1991	110,8	93,8	115,9	155,2	47,2	75,1	29,3	62,7	63,3	161,1	88,7	244,1	1247,2
1992	115,1	15,5	103,9	68,3	35,2	51,7	1,4	93,2	56,7	75,7	145,8	90,6	853,1
1993	218,5	31,8	137,9	345,3	104,3	109,8	3,3	30,9	44,4	183,6	158,4	109,5	1477,7
1994	51,8	30,1	11,9	125,4	72,4	74,7	33,2	32,8	19,2	136,8	48,1	121,6	758
1995	90,9	52,7	93	296,3	55	19,4	18,3	0,3	11,7	110,9	56,4	68,9	873,8
1996	66,8	103,9	28	169,3	35,6	1	12,2	41,5	44,2	93,6	198	195,6	989,7
1997	167,3	55,9	74,9	70,2	48,8	69,1	12,8	6,8	34,1	144,4	82,4	201,4	968,1
1998	91,1	169	57,2	110,2	93,3	3,3	36,4	9,6	21,3	65,8	118,5	130,4	906,1
1999	127,9	139,6	169,3	38,6	9,9	16,8	14,1	34	67,7	63,8	47,7	53,5	782,9
2000	57,1	134,1	110,7	142,7	307,1	23	1,8	14	33,6	254,6	122	14,2	1214,9
2001	272,9	274,7	315,8	84,3	58	17,6	17,6	132,3	109,9	259,4	132,7	82	1757,2
2002	113,6	45,9	336,9	66,1	119,3	2,7	18,2	81,5	19,4	185,1	144,7	169,9	1303,3
2003	59,6	185,1	135	147	53	19,1	97,9	20,8	21,4	80,1	126,9	71	1016,9
2004	127,6	19,1	54	133	93,6	1	43,5	67,6	10,1	65	111,5	228,2	954,2
2005	163,9	46,2	194,4	43	0,7	7	40,7	87,6	64	35	108,9	45,9	837,3
2006	227	90,8	97,8	138,9	9	46	23	0	30,3	259,1	60,5	141,9	1124,3
2007	104,9	258	267,6	43,7	52,6	16,4	3,1	1,1	73,8	88	109,8	88,9	1107,9
2008	95,6	159,8	175,6	1,8	0	26,4	36,6	2,5	38,5	83,8	62,3	47	729,9
2009	30,3	73,5	35,4	110	24,2	2	115	14,3	142,7	111,3	203,8	311,4	1173,9
2010	161	246,9	81,5	37	87,7	41,4	38,9	1,3	118,9	62,8	8,2	49,4	935
	126,0	110,3	130,3	103,9	58,6	26,7	30,5	31,3	46,9	111,5	104,5	112,5	993,6

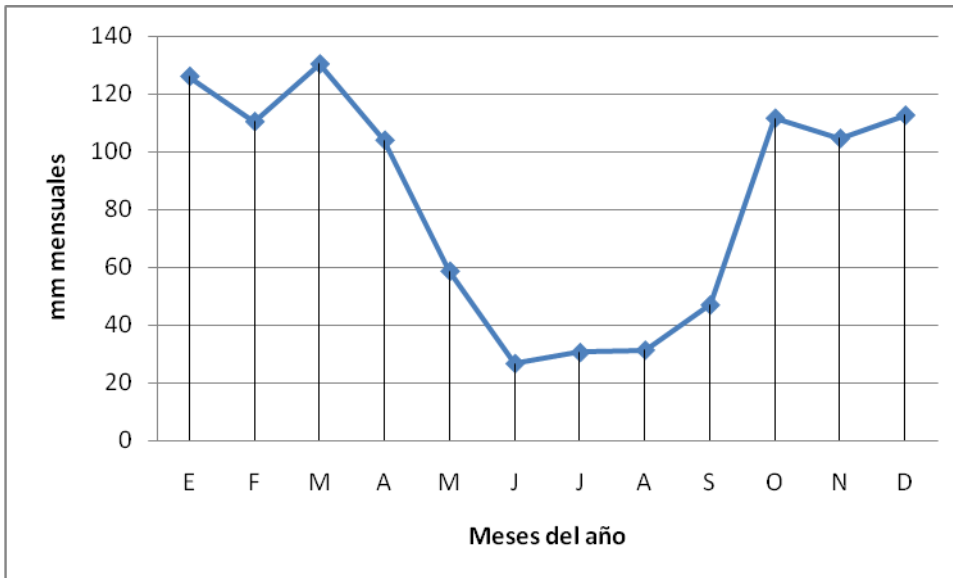


Figura 1: Precipitación media mensual (período 1981-2010).

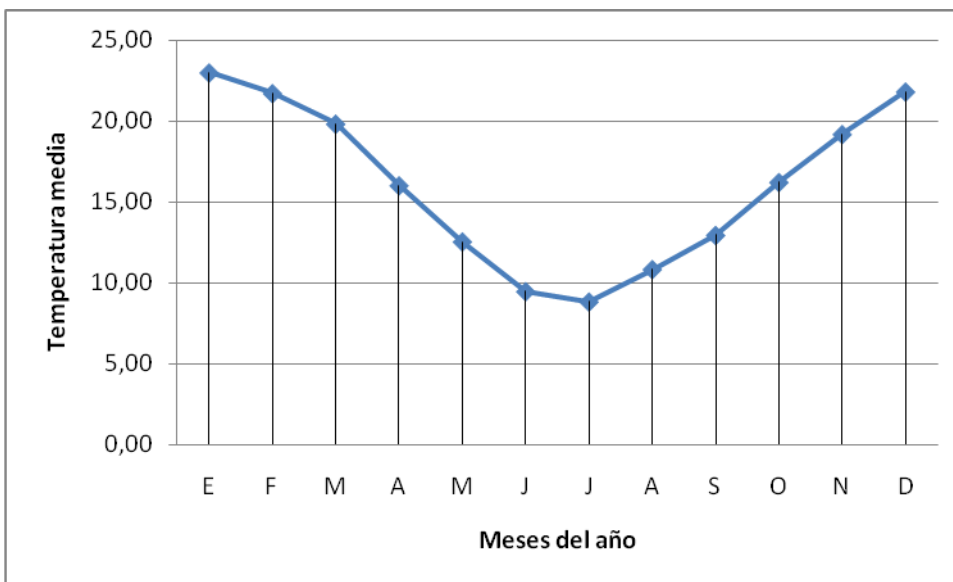


Figura 2: Temperatura media mensual (período 1981-2010)

El suelo corresponde a un suelo Hapludol Típico de textura franco arenosa de la Serie Junín (INTA, 1980). Es un suelo profundo y oscuro con aptitud agrícola que se encuentra en un paisaje ondulado ocupando los sitios de lomas de la subregión

Pampa Arenosa, Es un suelos relativamente joven con escaso desarrollo, habiendo evolucionado sobre un sedimento eólico franco arenoso, no alcalino y no salino, con pendientes predominantes de 0-1% (hasta 3% en pendientes muy cortas). Estos suelos se caracterizan por poseer un nivel freático profundo siendo bien a algo excesivamente drenado con un escurrimiento medio a rápido y permeabilidad moderadamente rápida.

Cálculo del BHS

Se realizó un BHS para la localidad de Junín. Se trabajó con una serie consecutiva de 30 años (1981-2010) de registros meteorológicos provenientes de la Estación Meteorológica Junín Aéreo del SMN. Los valores de evapotranspiración potencial (EP) se calcularon a partir de las temperaturas medias mensuales mediante el método de Thornthwaite (1948). Al ser el BHS un método empírico de cálculos una de las mayores dificultades para realizar cartografía agroclimática referente a balances hidrológicos, es la variada capacidad para almacenar agua que tienen los diferentes tipos de suelo, según sean su textura, estructuras, profundidad, penetrabilidad de raíces, curvas de desecamiento, etc. (Pascale & Damario, 1983). Para la realización de este estudio se utilizó una capacidad máxima de almacenaje de 300 mm, que si bien puede ser considerada alta para la zona en cuestión, al ser uniforme permite visualizar perfectamente las entradas y salidas del balance. Para llegar a este valor se utilizó el balance hidrológico mensual partiendo de 1976 con dos situaciones de almacenaje: 300 mm y 150 mm, se consideró que cuando

estas situaciones se equiparan se recupera la CC del suelo. Se determinaron tres situaciones hídricas: exceso de agua, deficiencia de agua y equilibrio en aquellos casos en que el balance de los dos primeros resultó igual a cero (Damario, *et al*, 1977). Se ordenó la serie integrada desde la mayor deficiencia al mayor exceso y se computaron las frecuencias absolutas y porcentuales para los meses de enero y julio según una escala de clases con intervalos de magnitud constante de 23mm. Este valor surge de restarle al máximo exceso (262 mm) de la serie el máximo déficit (-79 mm) y al resultado dividirlo por 15 (mitad de años de la serie). Se graficaron las frecuencias a partir de los porcentuales acumulados y se determinaron los valores de las diferentes condiciones hídricas esperadas con una probabilidad prefijada de 20%, 50% y 80% realizando un análisis de regresión para poder observar su evolución a través de los años.

Finalmente, con los resultados obtenidos se analizaron cuáles fueron los impactos que tuvieron las diferentes situaciones hídricas en el rendimiento promedio del cultivo de maíz en la zona de Junín. Para esto se tuvo en cuenta que en este cultivo el período crítico es de 30 días centrados en floración (Carcova *et al.*, 2003), en donde se define el número de granos y se caracteriza por su alta sensibilidad al déficit hídrico (Echarte *et al.*, 1998). En la localidad de Junín, para una fecha de siembra temprana (septiembre) y para un híbrido de ciclo intermedio, este período se ubica en diciembre, por lo que fue la situación hídrica de este mes la que se utilizó para este análisis.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

BHS:

Realizado el BHS, los valores mensuales de excesos y deficiencias obtenidos se muestran en la Tabla 2, y corresponden a las situaciones hídricas ocurridas anualmente en Junín para el período 1981-2010.

Tabla 2. Situaciones hídricas (excesos, equilibrios y deficiencias hídricas) en mm de la localidad de Junín para el período 1981-2010.

Nro. de año	Año	Meses del año											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	1981	152	33	18	10	0	1	1	-1	-2	0	4	-9
2	1982	0	0	-1	7	-2	-3	-4	-10	-15	-29	0	-41
3	1983	-24	-42	-18	0	0	0	-4	0	-10	0	-14	-1
4	1984	0	108	-1	0	-1	0	0	-1	0	-12	-29	0
5	1985	0	0	0	26	29	4	7	10	11	68	19	0
6	1986	0	0	61	61	29	4	9	10	5	65	32	0
7	1987	0	-20	-27	-35	-12	-19	0	-3	-9	-14	0	0
8	1988	0	-31	0	0	-3	-1	0	-3	0	-1	-15	-22
9	1989	-20	0	0	0	0	39	12	2	-3	0	-7	0
10	1990	11	23	253	61	20	0	0	-10	28	98	97	-1
11	1991	-3	0	0	87	4	53	11	32	12	101	2	129
12	1992	-10	0	0	-79	0	-65	0	0	9	5	70	0
13	1993	63	-7	0	262	67	88	-9	1	5	117	71	0
14	1994	-9	-23	-35	0	0	0	10	5	-1	55	-2	-3

15	1995	-6	-12	0	144	18	0	1	-1	-4	0	-4	-17
16	1996	-26	0	-32	0	0	-3	0	0	0	0	77	73
17	1997	28	-2	0	0	0	21	0	-3	0	39	0	91
18	1998	-3	34	-1	23	50	0	0	-2	-2	0	0	12
19	1999	11	40	74	0	-1	-9	0	0	0	0	-7	-20
20	2000	-39	0	0	0	249	0	-1	0	-1	152	39	-17
21	2001	57	160	224	28	23	0	0	83	71	192	46	-2
22	2002	-2	-13	156	15	76	0	0	34	-1	89	48	51
23	2003	-8	18	43	96	18	0	74	0	0	0	18	-11
24	2004	-8	-17	-18	0	12	-1	0	34	-2	0	0	94
25	2005	32	-5	63	0	-2	-2	8	60	28	-1	0	-10
26	2006	23	-1	98	139	-1	0	0	0	-2	152	-1	142
27	2007	-1	130	179	0	11	4	0	-1	0	6	3	-1
28	2008	-5	0	87	-3	-6	0	0	-5	0	0	-16	-32
29	2009	-60	-24	-44	0	-10	-8	0	-7	10	47	114	199
30	2010	29	147	0	-1	18	20	23	0	53	3	-11	-32

El valor cero indica situación de equilibrio, los valores negativos muestran los milímetros de deficiencia y los positivos los de exceso.

La Tabla 3 muestra las frecuencias mensuales (expresadas en porcentaje) de las situaciones de equilibrio, de exceso y de déficit hídrico . Los meses con mayores porcentuales de déficit hídrico corresponden al trimestre estival (diciembre 50%, enero 50% y febrero 40%). Estos porcentajes indican que los cultivos primavero-estivales se encuentran durante las etapas de crecimiento con situaciones poco favorables, expuestos a deficiencias de humedad edáfica que, en correspondencia con su magnitud, afectarán los estados reproductivos siguientes y su rendimiento final. En el mes de enero, si bien las precipitaciones son abundantes y corresponden a un 12,7% del total anual (126 mm), la EVP se incrementa

notablemente a causa de las elevadas temperaturas y de la alta tasa de evapotranspiración real de los cultivos estivales. En cambio, el mes de julio se destaca por su alto porcentaje de equilibrio hídrico (53%) esto podría deberse al considerar que el suelo se encuentra en su capacidad máxima de retención, y la evapotranspiración real (ETR) es mínima (datos no mostrados). La frecuencia de las condiciones de exceso fue similar para el mes más cálido y más frío del año. El mes de Octubre se destaca por su alto porcentaje de exceso hídrico (50%) superiores a 100 mm el 17% de los años y superiores a 50 mm el 33% de los años. Cabe destacar que los excesos mayores a 50 mm mensuales que respondan a una secuencia estacional, resultarían siempre perjudiciales (Pascale & Damario, 1983).

Tabla 3. Frecuencias mensuales (expresadas en porcentaje) de las situaciones de equilibrio, de exceso y de déficit hídrico de la localidad de Junín para el período 1981-2010.

		Meses del año											
Sit Hid		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Equilibrios		20	30	33	43	23	40	53	27	27	33	20	23
Excesos	%	30	30	37	43	47	30	33	33	33	50	47	27
Déficits		50	40	30	13	30	30	13	40	40	17	33	50

La Figura 3 muestra que la distribución de las situaciones de déficit y de exceso hídrico no sigue un patrón regular. Cuantitativamente los valores expresados en mm de estas situaciones son mayores en enero que en julio, con excepción del

año 2003, esto puede deberse a que previo a esta fecha se produjeron abundantes precipitaciones, y por ende, situaciones de excesos hídricos no frecuentes.

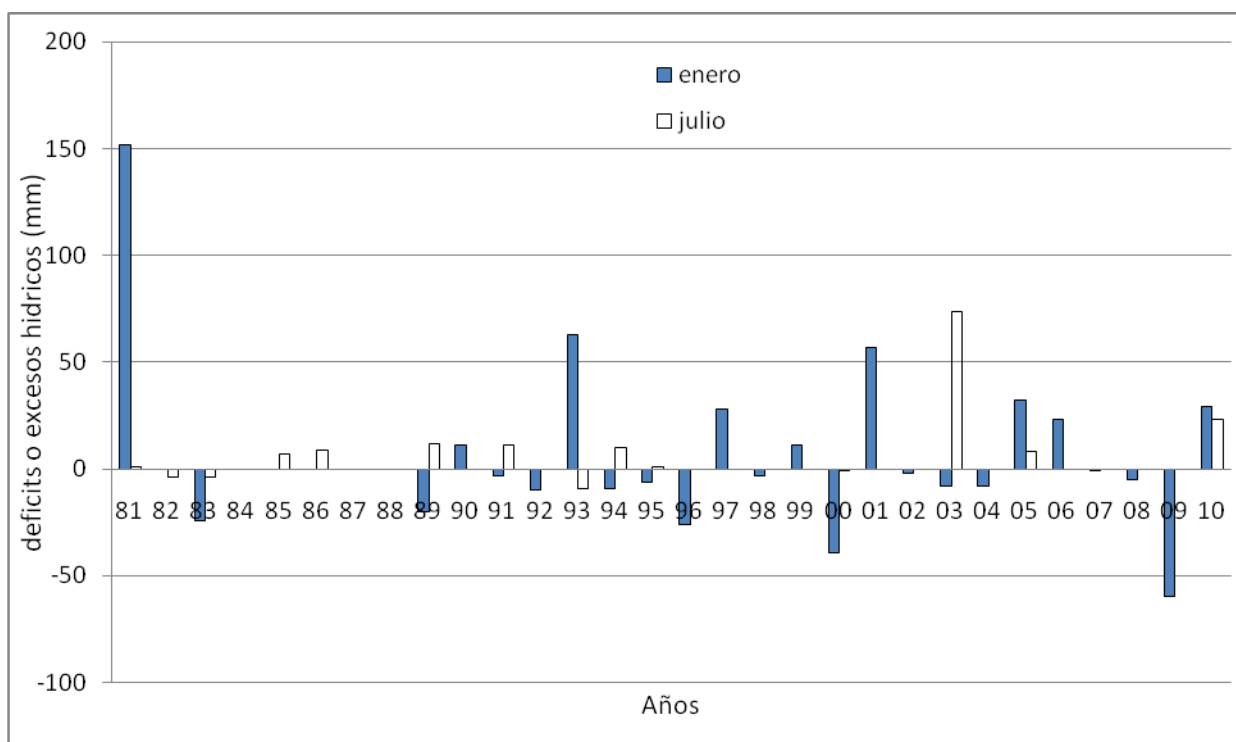


Figura 3. Valores de excesos o déficits hídricos en mm de los meses de enero y julio para el período 1981-2010 en Junín

La Figura 4 muestra las frecuencias porcentuales obtenidas por el cálculo de frecuencia de las situaciones hídricas (Anexo 2) muestra que en uno de cada cinco años (20% de los años) se producen deficiencias mayores a 46 mm durante el mes de enero. En el 50% de los años existen deficiencias menores a 26 mm.

Finalmente, se puede observar que en Junín el 20% de los años presentan situaciones de excesos de 9 mm, coincidiendo con lo encontrado por Asbornó & Somoza, 1999. Paralelamente, para el mes de julio se observa que el 20% de los años se producirán situaciones de deficiencia de 19 mm y en la mitad de los años de la serie deficiencias de 7mm. Por último, el 20% de los años acusa excesos de 10 mm, estos valores resultan inferiores a los encontrados por Pascale & Damario 1977.

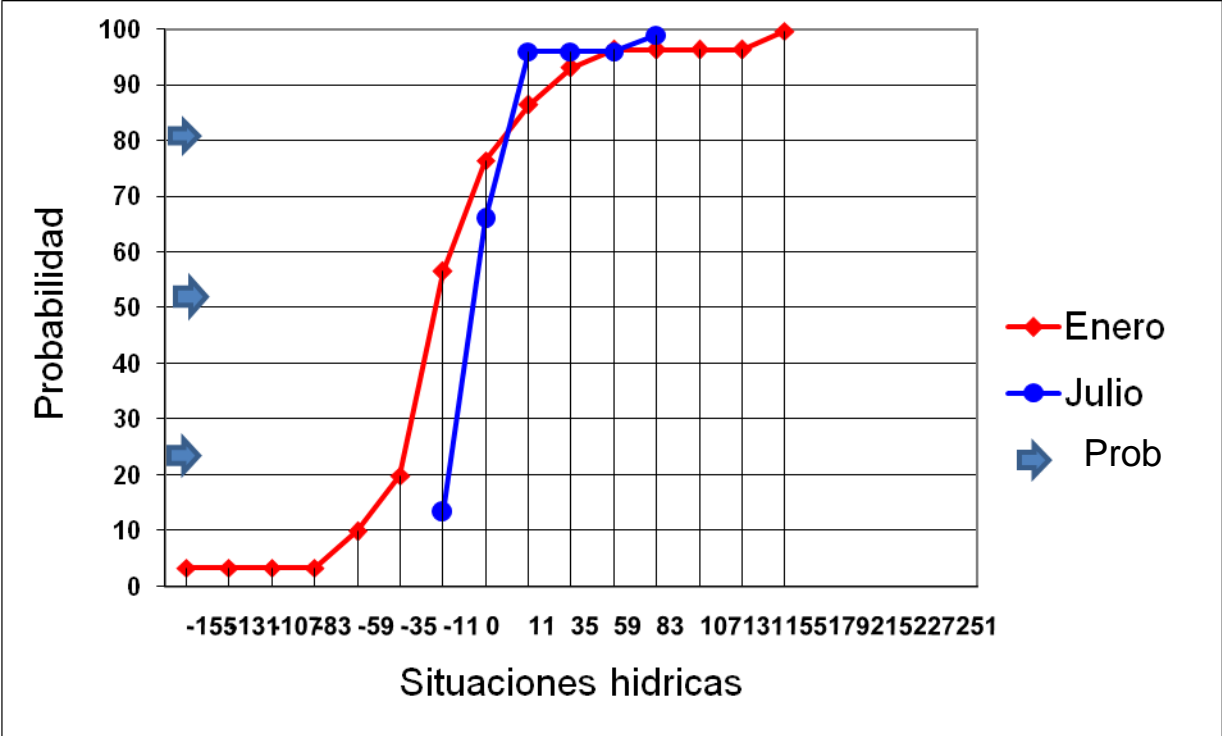


Figura 4. Frecuencia porcentual acumulada de las situaciones hídricas para los meses de enero y julio producidas por BHS en Junín.

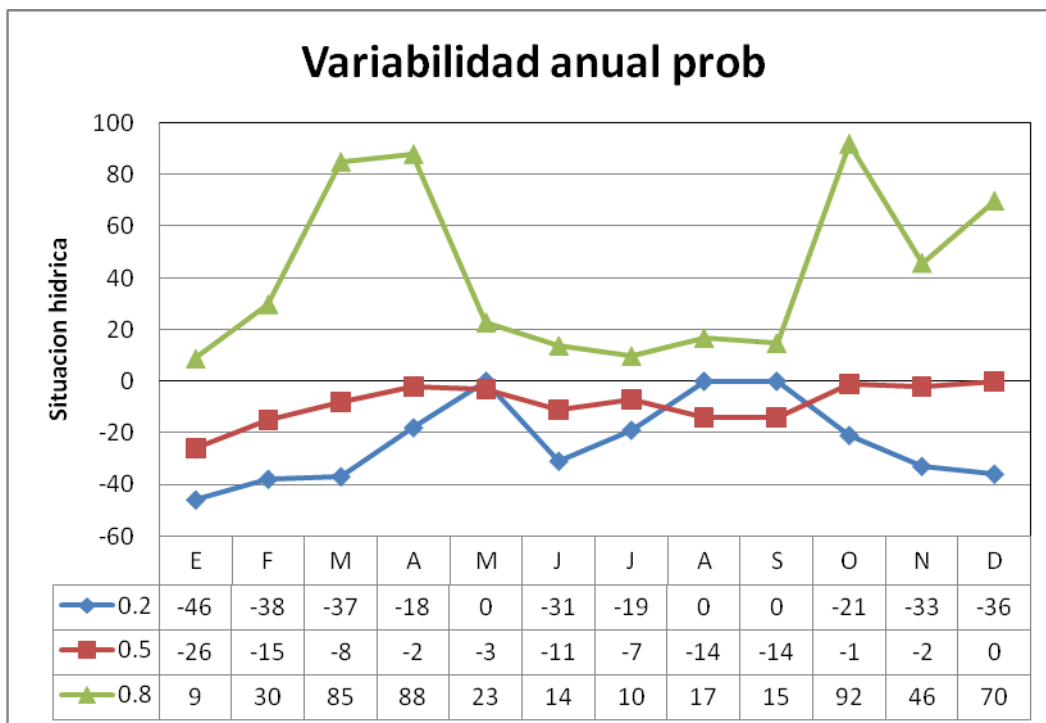


Figura 5. Variabilidad anual de probabilidades de las situaciones hídricas para las distintas probabilidades prefijadas (20%, 50% y, 80%) en la localidad de Junín para el período 1981-2010.

La Figura 5 representa todas las situaciones hídricas en el transcurso de todo el año donde se observa que en la localidad de Junín, el 80% de los años la situación hídrica es de excesos, con valores entre 9 y 92 mm, el 50% de los años se presentarían situaciones de déficit menores a 26 mm y el 20% de los años deficiencias menores a 46 mm.

Tiempo de recuperación de la CC

Al cuantificar los años de recuperación de la CC luego de delimitar un período seco pudo observarse que esta recuperación se lleva a cabo en un período de 6 años (1976-1981), en el primer mes del período (Anexo 1). Este resultado difiere del encontrado por Buriol *et al.* (1976), quienes utilizando el mismo método llegaron a la conclusión de que se necesitaban 10 años para la recuperación de la CC, esta diferencia puede deberse a que estos autores utilizaron tablas de 75 mm y 150 mm, lo que pone en evidencia que los suelos tenían menor capacidad de retención hídrica en comparación a los suelos de este estudio.

Para la zona en cuestión y para un híbrido de ciclo intermedio el período crítico del cultivo de maíz se da generalmente en el mes de diciembre, por lo tanto, al analizar la situación hídrica de este mes observamos que tanto los déficit como excesos impactan significativamente en el rendimiento promedio de la zona (Tabla 2 y Figura 6). Esto se acentuó más en los últimos años, y tiene correlación con el aumento significativo de los rendimientos de dicho cultivo por lo cual las exigencias ambientales pasaron a ser mayores que en los primeros años de registro para este análisis.

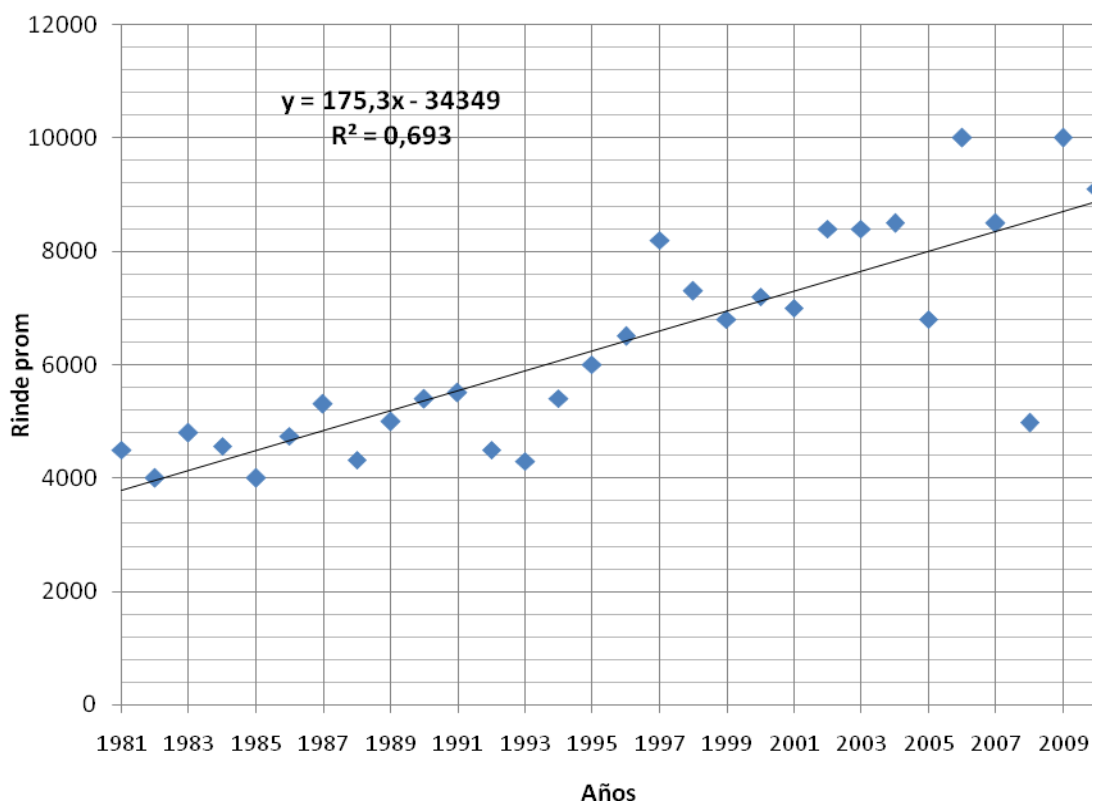


Figura 6. Rendimiento promedio del cultivo de maíz en el partido de Junín en relación a la situación hídrica del mes de diciembre durante el período 1981-2010.

CONCLUSIONES

La metodología del BHS facilita la toma de decisiones para una mayor eficiencia en la oportunidad de realización de labores básicas del suelo y culturas que se realizan asiduamente en la zona de referencia. El análisis de la condición hídrica de enero y julio permitió caracterizar dos situaciones representativas vinculadas a los cultivos estivales e invernales. En enero existen elevadas probabilidades que ocurran deficiencias hídricas moderadas; mientras que en julio las situaciones de equilibrio y excesos sumadas al agua almacenada en el suelo no serían un factor limitante para el desarrollo de los cereales de invierno en la localidad de Junín. El otoño es una estación donde predominan las situaciones de excesos y donde se establece el período de recarga de agua en el suelo, mientras que los meses primaverales, principalmente octubre y noviembre es donde se acentúa esta misma situación hídrica. La recuperación de la capacidad de campo se llevó a cabo en una etapa de 6 años (1976-1981) para la localidad de Junín.

En la mayoría de los años del período estudiado la situación hídrica del mes de diciembre define el rendimiento promedio del cultivo de maíz en la zona de Junín. Esto se acentuó más en los últimos años, y tiene correlación con el aumento significativo de los rendimientos de dicho cultivo por lo cual las exigencias ambientales pasaron a ser mayores que en los primeros años de registro para este análisis.

Durante este trabajo también se observó que para fechas de siembras tradicionales la probabilidad de déficit hídrico durante el periodo crítico es mayor que para fechas de siembra tardías. Además es importante destacar que solo el 17% de los años se produce la coincidencia de ocurrir un déficit hídrico durante el período crítico del cultivo en una fecha de siembra temprana y una tardía.

BIBLIOGRAFÍA

- Asborno M. D. & Somoza, J. A 1999. Disponibilidad hídrica natural de suelos de La Plata. Revista de la facultad de agronomía de La Plata 104(1): 41-51.
- Boletín técnico Dekalb N° 14. Maíz tardío y de segunda.
- Buriol et. al., 1976.. Utilization of the elements of the Sequential Hydrologic Balance for Agroclimatic Studies.Revista centro ciencias rurales 6 (1): 73-92.
- Cátedra de Agrometeorología. 2013. Balances hídricos y seriados para Bahía Blanca. Disponible en: [http://agrometeorologia.criba.edu.ar/Downloads/BHS_web .pdf](http://agrometeorologia.criba.edu.ar/Downloads/BHS_web.pdf). Consultada el 7-06-2013.
- Classen, M. M. & Shaw, R. H. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. Agron. J. 62: 652-655.
- Carcova,J ; Borrás, L; Otegui, M,E. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en maíz. En: Satorre, E y col. (Eds.) Producción de Granos: Bases funcionales para su manejo. Facultad de Agronomía. UBA. P 135-157.
- Echarte, L.; A.I. Della Maggiora, A.I. Irigoyen, y G.A. Dosio. 1998. Disminución del rendimiento en el cultivo de maíz debida a los déficits hídricos ocurridos en la localidad de Balcarce. Actas X Congreso Brasileiro de Meteorología y VIII

- Congreso de la Federación Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorología. Editadas en CD: 4 p. Brasilia, 26 a 30 de octubre de 1998.
- INTA. 1980. Carta de suelos de la República Argentina. Hoja L. N. Alem - Junín (3560-7 y 8). 88 pp. + anexos.
 - Koeppen, W. (I.E Koppen, W.). Climatología. 1948. Con un estudio de los climas de la Tierra. Versión directa de Pedro R. Hendrischs Pérez. Fondo de cultura Económica. México.
 - Maddonni, G. 2009. Fecha de siembra como estrategia de manejo de agua en maíz. En: Actas XVII Congreso Aapresid. Del 19 al 21 de agosto de 2009. Rosario, Argentina. 195 pp.
 - Murphy, G. M. & Hurtado, R. H. (eds). 2011. Agrometeorología Editorial Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires. 424 pp.
 - Pascale, A. J. & Damario, E. A. 1977. El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos. Revista de la Facultad de Agronomía de La Plata 53(1-2): 15-34.
 - Pascale, A. J. & Damario, E. A. 1983. Variación del agua edáfica disponible para los cultivos en la Región Oriental de la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía de la UBA 4(2): 141-181.
 - Penalba, O., Murphy, G. M., Spescha, L. B. & Pántano, V. 2008. Análisis agroclimático de condiciones hídricas deficitarias persistentes en Pergamino

(Argentina). En: Actas XII Reunión Argentina de Agrometeorología, 8 al 10 de octubre de 2008. San Salvador de Jujuy, Argentina.

-Thorntwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geog. Review 38(1): 55-94.

ANEXOS

Anexo 1: Balance hídrico climático:

Se comenzó el cálculo a partir de 300 mm en mayo del 1976

1976	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	128	103	73	51	40	20	21	28	45	64	90	126	789
P	116	196	45	53	40	5	11	118	10	150	48	218	1010
P - EP	-12	93	-28	2	0	-15	-10	90	-35	86	-42	92	221
$\sum (P - EP)$					0	-15	-25	0	-35	0	-42	0	
Almac					300		276	300	267	300	260	300	
Δ Almac.													
ER													
Exceso								66		53		52	
Deficit													

1977	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	106	89	65	35	25	23	28	45	74	87	119	835
P	89	133	120	49	43	40	45	36	47	67	115	122	906
P - EP	-50	27	31	-16	8	15	22	8	2	-7	28	3	71
$\sum (P - EP)$	-50		0	-16					0	-7			
Almac	254	281	300	284	292	300	300	300	300	293	300	300	
Δ Almac.													
ER													
Exceso			12			7	22	8	2		21	3	
Deficit													

1978	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	117	97	89	54	37	17	29	23	48	64	87	119	781
P	227	25	146	74	29	13	93	13	155	162	69	83	1089
P - EP	110	-72	57	20	-8	-4	64	-10	107	98	-18	-36	308
$\sum (P - EP)$	0	-72		0	-8	-12	0	-10		0	-18	-54	
Almac	300	236	293	300		288	300	290	300	300			
Δ Almac.													
ER													
Exceso				12			52		97	98			
Deficit													

1979	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	109	83	48	32	17	29	37	39	71	80	115	784
P	106	60	62	26	31	26	30	40	6	57	73	151	668
P - EP	-18	-49	-21	-22	-1	9	1	3	-33	-14	-7	36	-116
$\sum (P - EP)$	-72	121	142	164	165			178	211	225	232	162	
Almac					172	161	162	165			138	174	
Δ Almac.													
ER													
Exceso													
Deficit													

1980	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	97	102	65	43	20	16	28	45	67	80	123	825
P	22	92	352	166	36	33	44	21	40	86	144	56	1092
P - EP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	117	-5	250	101	-7	13	28	-7	-5	19	64	-67	267
$\Sigma (P - EP)$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	279	284		0	-7		0	-7	-12		0	-67	
Almac		115	300	300	293	300	300	293	288	300	300	240	
Δ Almac.													
ER													
Exceso			65	101		6	28			7	64		
Deficit													

1981	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	117	103	93	59	53	17	18	30	42	64	87	119	802
P	329	136	111	69	46	25	19	0	27	101	96	42	1001
P - EP	212	33	18	10	-7	8	1	-30	-15	37	9	-77	199
$\Sigma (P - EP)$				0	-7		0	-30	-45		0	-77	
Almac	300	300	300	300	293	300	300	271	258	295	300	232	
Δ Almac.	60	0	0	0	-7	7	0	-29	-13	37	5	-68	
ER	117	103	93	59	53	17	18	29	40	64	87	110	790
Exceso	152	33	18	10	0	1	1	0	0	0	4	0	219
Deficit	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	9	12

Se comienza el cálculo a partir de 150 mm en el primer mes del período

1976	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	128	103	73	51	40	20	21	28	45	64	90	126	789
P	116	196	45	53	40	5	11	118	10	150	48	218	1010
P - EP	-12	93	-28	2	0	-15	-10	90	-35	86	-42	92	221
$\sum (P - EP)$	-295	-114	-142		-139	-154	-164	-39	-74	0	-42	0	
Almac	111	204	186	188	188		173	263	234	300	260	300	
Δ Almac.													
ER													
Exceso										20		52	
Deficit													

1977	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	106	89	65	35	25	23	28	45	74	87	119	835
P	89	133	120	49	43	40	45	36	47	67	115	122	906
P - EP	-50	27	31	-16	8	15	22	8	2	-7	28	3	71
$\sum (P - EP)$	-50		0	-16					0	-7			
Almac	254	281	300	284	292	300	300	300	300	293	300	300	
Δ Almac.													
ER													
Exceso			12			7	22	8	2		21	3	
Deficit													

1978	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	117	97	89	54	37	17	29	23	48	64	87	119	781
P	227	25	146	74	29	13	93	13	155	162	69	83	1089
P - EP	110	-72	57	20	-8	-4	64	-10	107	98	-18	-36	308
$\sum (P - EP)$	0	-72		0	-8	-12	0	-10		0	-18	-54	
Almac													
Δ Almac.													
ER													
Exceso													
Deficit													

1979	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	109	83	48	32	17	29	37	39	71	80	115	784
P	106	60	62	26	31	26	30	40	6	57	73	151	668
P - EP	-18	-49	-21	-22	-1	9	1	3	-33	-14	-7	36	-116
$\sum (P - EP)$	-72	-121	-142	-164	-165			-144	-177	-191	-198	-158	
Almac					172	181	182	185			154	190	
Δ Almac.													
ER													
Exceso													
Deficit													

1980	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	97	102	65	43	20	16	28	45	67	80	123	825
P	22	92	352	166	36	33	44	21	40	86	144	56	1092
P - EP	-117	-5	250	101	-7	13	28	-7	-5	19	64	-67	267
$\sum (P - EP)$	-275	-280		0	-7		0	-7	-12		0	-67	
Almac		117	300	300	293	300	300		288	300	300	240	
Δ Almac.													
ER													
Exceso			67	101		6	28			7	64		
Deficit													

1981	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	117	103	93	59	53	17	18	30	42	64	87	119	802
P	329	136	111	69	46	25	19	0	27	101	96	42	1001
P - EP	212	33	18	10	-7	8	1	-30	-15	37	9	-77	199
$\sum (P - EP)$				0	-7		0	-30	-45		0	-77	
Almac	300	300	300	300	293	300	300		258	295	300	232	
Δ Almac.													
ER													
Exceso	152	33	18	10		1	1				4		
Deficit													

Como se puede observar en este período las capacidades de campo se igualan partiendo de dos situaciones diferentes.

A partir de aquí se prosiguió con el cálculo del BHC con la situación inicial de 300 mm de almacenaje.

1982	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	121	87	86	62	40	22	21	37	51	67	83	134	811
P	165	100	70	95	0	4	1	0	9	5	171	19	639
P - EP	44	13	-16	33	-40	-18	-20	-37	-42	-62	88	115	-172
$\Sigma (P - EP)$		-11	-27	0	-40	-58	-78	115	157	219	-76	191	
Almac	276	289	274	300	262	247	231	204	177	144	232	158	
Δ Almac.	44	13	-15	26	-38	-15	-16	-27	-27	-33	88	-74	
ER	121	87	85	62	38	19	17	27	36	38	83	93	706
Exceso	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	7
Deficit	0	0	1	0	2	3	4	10	15	29	0	41	105

1983	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	146	100	86	56	35	15	13	25	39	81	94	134	824
P	98	30	59	94	118	3	0	25	13	156	40	132	768
P - EP	-48	-70	-27	38	83	-12	-13	0	-26	75	-54	-2	-56
$\Sigma (P - EP)$	-	-	-			-	-	-	-			-	
$\Sigma (P - EP)$	239	309	336		-95	107	120	120	146	-44	-98	100	
Almac	134	106	97	135	218	209	200	200	184	259	215	214	
Δ Almac.	-24	-28	-9	38	83	-9	-9	0	-16	75	-44	-1	
ER	122	58	68	56	35	15	9	25	29	81	84	133	715
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deficit	24	42	18	0	0	0	4	0	10	0	14	1	113

1984	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	106	89	51	32	12	16	20	45	74	87	100	771
P	171	268	87	49	10	9	13	17	43	11	9	125	812
P - EP	32	162	-2	-2	-22	-3	-3	-3	-2	-63	-78	25	41
$\Sigma (P - EP)$		0	-2	-4	-26	-29	-32	-35	-37	100	178	136	
Almac	246	300	299	296	275	272	269	267	265	214	165	190	
Δ Almac.	32	54	-1	-3	-21	-3	-3	-2	-2	-51	-49	25	
ER	139	106	88	52	31	12	16	19	4	62	58	100	687
Exceso	0	108	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	108
Deficit	0	0	1	0	1	0	0	1	0	12	29	0	44

1985	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	106	83	42	35	25	23	28	39	64	97	126	792
P	123	105	142	120	64	29	30	38	50	132	116	125	1074
P - EP	-1	-1	59	78	29	4	7	10	11	68	19	-1	282
$\Sigma (P - EP)$		137	138								0	-1	
Almac	189	189	248	300	300	300	300	300	300	300	300	299	
Δ Almac.	1	0	59	52	0	0	0	0	0	0	0	-1	
ER	124	106	83	42	35	25	23	28	39	64	97	126	
Exceso	0	0	0	26	29	4	7	10	11	68	19	0	

Deficit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
----------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--

1986	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	135	103	70	59	35	25	21	28	45	67	84	126	798
P	123	105	142	120	64	29	30	38	50	132	116	125	1074
P - EP	-12	2	72	61	29	4	9	10	5	65	32	-1	276
∑ (P - EP)	-13										0	-1	
Almac	287	289	300	300	300	300	300	300	300	300	300	299	
Δ Almac.	12	2	11	0	0	0	0	0	0	0	0	-1	
ER	135	103	70	59	35	25	21	28	45	67	84	126	
Exceso	0	0	61	61	29	4	9	10	5	65	32	0	
Deficit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

1987	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	143	112	89	59	24	22	28	25	39	67	94	112	814
P	1	65	37	0	0	0	127	19	15	36	183	119	602
P - EP	-	-47	-52	-59	-24	-22	99	-6	-24	-31	89	7	-212
∑ (P - EP)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-51	
Almac	184	157	132	108	96	93	192	189	174	157	246	253	

Δ Almac.	115	-27	-25	-24	-12	-3	99	-3	-15	-17	89	7	
ER	143	92	62	24	12	3	28	22	30	53	94	112	
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deficit	0	20	27	35	12	19	0	3	9	14	0	0	

1988	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	100	95	48	24	15	16	28	42	57	104	134	787
P	39	28	211	52	1	10	37	3	72	48	30	76	607
P - EP	-85	-72	116	4	-23	-5	21	-25	30	-9	-74	-58	-180
Σ (P - EP)	-	-		-32	-55	-60	-36	-61	-27	-36	110	168	
Almac	190	149	265	269	249	245	266	244	274	266	207	171	
Δ Almac.	63	-41	116	4	-20	-4	21	-22	30	-8	-59	-36	
ER	124	69	95	48	21	14	16	25	42	56	89	112	
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deficit	0	31	0	0	3	1	0	3	0	1	15	22	

1989	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	143	112	76	56	32	25	18	34	36	60	87	134	813
P	100	126	123	79	96	68	30	36	21	31	46	182	938
P - EP	-43	14	47	23	64	43	12	2	-15	-29	-41	48	125
Σ (P - EP)	-	211						0	-15	-44	-85		
Almac	148	162	209	232	296	300	300	300	288	259	225	273	

Δ Almac.	-23	14	47	23	64	4	0	0	-12	-29	-34	48	
ER	123	112	76	56	32	25	18	34	33	60	80	134	
Exceso	0	0	0	0	0	39	12	2	0	0	0	0	
Deficit	20	0	0	0	0	0	0	0	3	0	7	0	

1990	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	100	76	54	35	17	21	42	39	77	97	115	812
P	177	123	329	115	55	0	33	30	84	175	194	91	1406
P - EP	38	23	253	61	20	-17	12	-12	45	98	97	-24	594
∑ (P - EP)					0	-17	-5	-17			0	-24	
Almac	300	300	300	300	300	283	295	283	300	300	300	277	
Δ Almac.	27	0	0	0	0	-17	12	-12	17	0	0	-23	
ER	139	100	76	54	35	17	21	32	39	77	97	114	
Exceso	11	23	253	61	20	0	0	0	28	98	97	0	
Deficit	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	1	

1991	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	121	97	95	54	43	22	18	31	51	60	87	115	794
P	111	94	116	155	47	75	29	63	63	161	89	244	1247
P - EP	-10	-3	21	101	4	53	11	32	12	101	2	129	453
∑ (P - EP)	-34	-37										0	
Almac	264	265	286	300	300	300	300	300	300	300	300	300	

Δ Almac.	-13	1	21	14	0	0	0	0	0	0	0	0	
ER	124	97	95	54	43	22	18	31	51	60	87	115	
Exceso	0	0	0	87	4	53	11	32	12	101	2	129	
Deficit	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

1992	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	146	106	102	54	35	29	10	28	45	71	76	115	817
P	115	16	104	68	35	52	2	93	57	76	146	91	855
P - EP	-31	-90	2	14	0	23	-8	65	12	5	70	-24	38
Σ (P - EP)	-31	121				-68	-76				0	-24	
Almac	279	200	202	216	216	239	232	297	300	300	300	277	
Δ Almac.	-21	-79	281	-65	281	-42	274	23	277	23	277	0	
ER	136	95	102	133	35	94	10	28	45	71	76	115	
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	9	5	70	0	
Deficit	10	0	0	79	0	65	0	0	0	0	0	0	

1993	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	99	102	59	37	22	16	28	39	67	87	115	803
P	218	32	138	345	104	110	3	31	44	184	158	109	1476

P - EP	86	-67	36	286	67	88	-13	3	5	117	71	-6	673
∑ (P - EP)	0	-67				0	-13				0	-6	
Almac	300	240	276	300	300	300	298	300	300	300	300	294	
Δ Almac.	23	-60	36	24	0	0	-2	2	0	0	0	-6	
ER	132	92	102	59	37	22	5	28	39	67	87	115	
Exceso	63	0	0	262	67	88	0	1	5	117	71	0	
Deficit	0	7	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	

1994	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	103	89	51	40	25	18	28	45	57	90	141	811
P	52	30	12	125	72	75	33	33	19	137	48	122	758
P - EP	-72	-73	-77	74	32	50	15	5	-26	80	-42	-19	-53
∑ (P - EP)	-78	151	228					0	-26	0	-42	-61	
Almac	231	181	139	213	245	295	300	300	275	300	260	244	
Δ Almac.	-63	-50	-42	74	32	50	5	0	-25	25	-40	-16	
ER	115	80	54	51	40	25	18	28	44	57	88	138	
Exceso	0	0	0	0	0	0	10	5	0	55	0	0	
Deficit	9	23	35	0	0	0	0	0	1	0	2	3	

1995	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

EP	117	94	86	54	37	20	16	25	48	64	97	141	799
P	91	53	93	296	55	19	18	0	12	111	56	69	873
P - EP	-26	-41	7	242	18	-1	2	-25	-36	47	-41	-72	74
∑ (P - EP)	-87	128			0	-1	0	-25	-61	-9	-50	122	
Almac	224	195	202	300	300	299	300	276	244	291	254	199	
Δ Almac.	-20	-29	7	98	0	-1	1	-24	-32	47	-37	-55	
ER	111	82	86	54	37	20	16	24	44	64	93	124	
Exceso	0	0	0	144	18	0	1	0	0	0	0	0	
Deficit	6	12	0	0	0	0	0	1	4	0	4	17	

1996	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	100	92	56	37	15	13	37	39	67	90	123	801
P	67	104	28	169	36	1	12	42	44	94	198	196	991
P - EP	-65	4	-64	113	-1	-14	-1	5	5	27	108	73	190
∑ (P - EP)	-	-	-										
Almac	160	164	132	245	244	233	232	237	242	269	300	300	
Δ Almac.	-39	4	-32	113	-1	-11	-1	5	5	27	31	0	
ER	106	100	60	56	37	12	13	37	39	67	90	123	
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77	73	
Deficit	26	0	32	0	0	3	0	0	0	0	0	0	

1997	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	90	83	62	43	22	29	34	39	60	84	108	793
P	167	56	75	70	49	69	13	7	34	144	82	201	967
P - EP	28	-34	-8	8	6	47	-16	-27	-5	84	-2	93	174
$\sum (P - EP)$	0	-34	-42			0	-16	-43	-48	0	-2	0	
Almac	300	268	260	268	274	300	284	260	255	300	298	300	
Δ Almac.	0	-32	-8	8	6	26	-16	-24	-5	45	-2	2	
ER	139	88	83	62	43	22	29	31	39	60	84	108	
Exceso	28	0	0	0	0	21	0	0	0	39	0	91	
Deficit	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	

1998	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	139	90	83	62	43	22	29	34	39	60	84	108	793
P	91	169	57	110	93	3	36	10	21	66	118	130	904
P - EP	-48	79	-26	48	50	-19	7	-24	-18	6	34	22	111
$\sum (P - EP)$	-48	0	-26		0	-19	-12	-36	-54				
Almac	255	300	275	300	300	281	288	266	250	256	290	300	
Δ Almac.	-45	45	-25	25	0	-19	7	-22	-16	6	34	10	
ER	136	90	82	62	43	22	29	32	37	60	84	108	
Exceso	0	34	0	23	50	0	0	0	0	0	0	12	
Deficit	3	0	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	

1999	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	117	100	95	48	37	20	16	34	48	67	94	123	799
P	128	140	169	39	10	17	14	34	68	64	48	53	784
P - EP	11	40	74	-9	-27	-3	-2	0	20	-3	-46	-70	-15
$\Sigma (P - EP)$			0	-9	-36	-39	-41		-19	-22	-68	138	
Almac	300	300	300	291	275	263	261	261	281	278	239	189	
Δ Almac.	0	0	0	-9	-16	-12	-2	0	20	-3	-39	-50	
ER	117	100	95	48	36	29	16	34	48	67	87	103	
Exceso	11	40	74	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deficit	0	0	0	0	1	-9	0	0	0	0	7	20	

2000	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	143	106	83	62	37	25	13	28	45	67	83	123	815
P	57	134	111	143	307	23	2	14	34	255	122	14	1216
P - EP	-86	28	28	81	270	-2	-11	-14	-11	188	39	109	401
$\Sigma (P - EP)$	-	224			0	-2	-13	-27	-38		0	109	
Almac	142	170	198	279	300	298	288	274	264	300	300	208	

Δ Almac.	-47	28	28	81	21	-2	-10	-14	-10	36	0	-92	
ER	104	106	83	62	37	25	12	28	44	67	83	106	
Exceso	0	0	0	0	249	0	0	0	0	152	39	0	
Deficit	39	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	17	

2001	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	124	115	92	56	35	25	21	39	39	67	87	119	819
P	273	275	316	84	58	18	18	132	110	259	133	82	1758
P - EP	149	160	224	28	23	-7	-3	93	71	192	46	-37	939
∑ (P - EP)					0	-7	-10				0	-37	
Almac	300	300	300	300	300	293	290	300	300	300	300	265	
Δ Almac.	92	0	0	0	0	-7	-3	10	0	0	0	-35	
ER	124	115	92	56	35	25	21	39	39	67	87	117	
Exceso	57	160	224	28	23	0	0	83	71	192	46	0	
Deficit	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	

2002	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	100	89	51	43	17	18	34	42	74	97	119	816
P	114	46	337	66	119	3	18	82	19	185	145	170	1304
P - EP	-18	-54	248	15	76	-14	0	48	-23	111	48	51	488
∑ (P - EP)	-55	-			0	-14		0	-23			0	

		109											
Almac	249	208	300	300	300	286	286	300	278	300	300	300	
Δ Almac.	-16	-41	92	0	0	-14	0	14	-22	22	0	0	
ER	130	87	89	51	43	17	18	34	41	74	97	119	
Exceso	0	0	156	15	76	0	0	34	0	89	48	51	
Deficit	2	13	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	

2003	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	135	100	92	51	35	25	18	25	39	77	90	108	795
P	60	185	135	147	53	19	98	21	21	80	127	71	1017
P - EP	-75	85	43	96	18	-6	80	-4	-18	3	37	-37	222
∑ (P - EP)	-75				0	-6	0	-4	-22		0	-37	
Almac	233	300	300	300	300	294	300	296	278	281	300	274	
Δ Almac.	-67	67	0	0	0	-6	6	-4	-18	3	19	-26	
ER	127	100	92	51	35	25	18	25	39	77	90	97	
Exceso	0	18	43	96	18	0	74	0	0	0	18	0	
Deficit	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	

2004	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	135	94	102	59	27	25	23	31	48	64	87	123	818
P	128	19	54	133	94	1	43	68	10	65	111	228	954
P - EP	-7	-75	-48	74	67	-24	20	37	-38	1	24	105	136
$\Sigma (P - EP)$	-44	119	167		0	-24		0	-38				
Almac	259	201	171	245	300	277	297	300	264	265	289	300	
Δ Almac.	-15	-58	-30	74	55	-23	20	3	-36	1	24	11	
ER	143	77	84	59	27	24	23	31	46	64	87	123	
Exceso	0	0	0	0	12	0	0	34	0	0	0	94	
Deficit	8	17	18	0	0	1	0	0	2	0	0	0	

2005	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	103	79	45	35	27	23	28	36	60	101	112	781
P	164	46	194	43	1	7	41	88	64	35	109	46	838
P - EP	32	-57	115	-2	-34	-20	18	60	28	-25	8	-66	57
$\Sigma (P - EP)$	0	-57	0	-2	-36	-56			0	-25	-16	-82	
Almac	300	248	300	298	266	248	300	300	300	276	284	228	
Δ Almac.	0	-52	52	-2	-32	-18	52	0	0	-24	8	-56	
ER	132	98	79	45	33	25	23	28	36	59	101	102	
Exceso	32	0	63	0	0	0	8	60	28	0	0	0	
Deficit	0	5	0	0	2	2	0	0	0	1	0	10	

2006	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-------

EP	132	100	86	56	37	22	21	28	45	67	90	123	807
P	227	91	98	139	9	46	23	0	30	259	60	142	1124
P - EP	95	-9	12	83	-28	24	2	-28	-15	192	-30	19	317
$\sum (P - EP)$				0	-28		0	-28	-43	0	-30	-10	
Almac	300	300	300	300	273	297	299	273	260	300	271	290	
Δ Almac.	72	0	0	0	-27	24	2	-26	-13	40	-29	19	
ER	132	100	86	56	36	22	21	28	43	67	89	123	
Exceso	23	91	98	139	0	0	0	0	0	152	0	142	
Deficit	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	1	0	

2007	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	121	103	89	62	24	12	10	17	51	74	80	119	762
P	105	258	268	44	53	16	3	1	74	88	110	89	1109
P - EP	-16	155	179	-18	29	4	-7	-16	23	14	30	-30	347
$\sum (P - EP)$	-26		0	-18		0	-7	-23			0	-30	
Almac	275	300	300	282	300	300	293	278	292	300	300	271	
Δ Almac.	-15	25	0	-18	18	0	-7	-15	14	8	0	-29	
ER	120	103	89	62	24	12	10	16	51	74	80	118	
Exceso	0	130	179	0	11	4	0	0	0	6	3	0	
Deficit	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	

2008	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	106	83	51	32	15	31	25	39	64	125	126	829
P	96	160	176	2	0	26	37	3	38	84	62	47	731
P - EP	-36	54	93	-49	-32	11	6	-22	-1	20	-63	-79	-98
$\Sigma (P - EP)$	-66		0	-49	-81		-60	-82	-83	-58	121	200	
Almac	240	294	300	254	228	239	245	228	227	247	200	153	
Δ Almac.	-31	54	6	-46	-26	11	6	-17	-1	20	-47	-47	
ER	127	106	83	48	26	15	31	20	39	64	109	94	
Exceso	0	0	87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Deficit	5	0	0	3	6	0	0	5	0	0	16	32	

2009	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total	
EP	135	106	102	62	40	15	13	37	33	64	90	112	809	
P	30	74	35	110	24	2	115	14	143	111	204	311	1173	
P - EP	-	105	-32	-67	48	-16	-13	102	-23	110	47	114	199	364
$\Sigma (P - EP)$	-	305	-	-	260	-	-	120						
Almac	108	100	77	125	119	114	216	200	300	300	300	300		
Δ Almac.	-45	-8	-23	48	-6	-5	102	-16	100	0	0	0		
ER	75	82	58	62	30	7	13	30	33	64	90	112		
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	10	47	114	199		
Deficit	60	24	44	0	10	8	0	7	0	0	0	0		

2010	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
EP	132	100	99	51	40	22	16	22	45	60	94	141	822
P	161	247	82	37	88	42	39	1	119	63	8	49	936
P - EP	29	147	-17	-14	48	20	23	-21	74	3	-86	-92	114
∑ (P - EP)		0	-17	-31			0	-21		0	-86	178	
Almac	300	300	283	270	300	300	300	279	300	300	225	165	
Δ Almac.	0	0	-17	-13	30	0	0	-21	21	0	-75	-60	
ER	132	100	99	50	40	22	16	22	45	60	83	109	
Exceso	29	147	0	0	18	20	23	0	53	3	0	0	
Deficit	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	11	32	

Anexo 2: Frecuencia porcentual acumulada (probabilidad) con diferentes niveles de deficiencias, equilibrios y excesos de agua mensuales.

Intervalo=23

	Sit Hid	E	F	F	F	F	A	F	M	F	J	F	J	F	A	F	S	F	O	F	N	F	D	F	
		Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	Ac	
Def	240 - 263	0				0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	216 - 239	0		0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	192 - 215	0		0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	168 - 191	0		0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	144 - 167	3.3	3.3	0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	120 - 143	0	3.3	0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	96 - 119	0	3.3	0		0		0		0			0		0		0		0		0		0		
	72 - 95	0	3.3	0		0		3.3	3.3	0			0		0		0		0		0		0		
	48 - 71	6.6	9.9	0		0		0		0		3.3	3.3	0		0		0		0		0		0	
	24 - 47	10	20	10	10	13	13	3.3	6.6	0		0	1	0		0		0		3.3	3.3	3.3	3.3	10	10
0 - 23	37	57	30	40	17	30	6.6	13	30	30	27	30	13	13	40	40	40	40	13	17	30	33	40	50	
Eq	0	20	77	30	70	33	63	43	56	23	53	40	70	53	66	27	67	27	67	33	50	20	53	23	73
Exc	0 - 23	10	87	6.7	77	3.3	66	13	69	27	80	20	90	30	96	17	84	20	87	10	60	17	70	3.3	76
	24 - 47	6.6	93	10	87	3.3	70	6.6	76	6.6	87	3.3	94	0	29	10	94	6.6	94	6.6	67	10	80	0	76
	48 - 71	3.3	96	0	87	6.7	76	6.6	82	6.6	93	3.3	97	0	29	3	97	6.6	100	10	77	10	90	3.3	80
	72 - 95	0	96	0	87	6.7	83	3.3	86	3.3	97	3.3	100	3.3	99	3	100	0		3.3	80	3.3	93	10	90
	96 - 119	0	96	3.3	90	3.3	86	3.3	89	0	97	0		0	0		0		10	90	6.6	100	0	90	
	120 - 143	0	96	3.3	93	0	86	3.3	92	0	97	0		0	0		0		0	90	0		6.6	96	
	144 - 167	3.3	100	6.7	100	3.3	90	3.3	96	0	97	0		0	0		0		6.6	96	0		0	96	
	168 - 191	0				3.3	93	0	96	0	97	0		0	0		0		0	96	0		0	96	
	192 - 215	0				0	93	0	96	0	97	0		0	0		0		3.3	100	0		3.3	100	
	216 - 239	0				3.3	96	0	96	0	97	0		0	0		0		0	0	0		0	0	

