

Actualización del estudio de la evolución espacio – temporal de Los índices de aridez en la provincia durante el siglo XXI.

Autor: Roger R. Rivero Jaspe

Resumen:

En el presente trabajo se extienden los escenarios climáticos PRECIS-ECHAM4-A2 y PRECIS-ECHAM4-B2 producidos para Camagüey por Rivero Jr. (2012 a y b) a las estaciones meteorológicas del territorio para extenderlo a las estaciones pluviométricas, empleando en esta ocasión una señal de cambio con medias móviles de 10 años. Se obtuvieron los escenarios de cambio hasta el 2094. Posteriormente se ejecutaron los algoritmos del sistema SAT IV montado sobre tecnologías Web con los que solo se pudo obtener las series de tiempo resultantes hasta el 2083, no pudiendo lograrse hasta el 2094 por problemas técnicos de capacidad de la base de datos irresolubles a corto plazo, y se demuestra que la serie resultante es suficientemente larga para arribar a las conclusiones finales. Al estudiar los índices de sequía agrícola e hidrológica se arriba a conclusiones sorprendentes al percatarnos de que no había muchas tendencias marcadas en la evolución de la aridez, en oposición a los resultados de estudios anteriores. Tampoco se observan grandes diferencias entre los resultados con ambos escenarios. Aunque hay una tendencia no significativa a la depauperación de los índices, sí se observan algunos cambios en la estructura y composición de los períodos de sequía atendiendo a su clasificación y frecuencia de eventos extremos.

Actualización del estudio de la evolución espacio – temporal de Los índices de aridez en la provincia durante el siglo XXI.

Autor: Roger R. Rivero Jaspe

1. Introducción:

En el período 2009– 2012 nuestro país se dio a la tarea de producir la segunda Comunicación Nacional de País a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, aunando los resultados de las investigaciones que se habían obtenido desde la Primera Comunicación en el 2001 y el estado actual de los diferentes sectores afectados en el ambiente del cambio y la variabilidad climática, agravado por la crisis mundial.

Como subproducto del esfuerzo se completarían y homogeneizarían las investigaciones bajo la lupa de una serie de escenarios de cambio climáticos obtenidos recientemente mediante un modelo regional en la región del Gran Caribe (Centella y Bezanilla, 2009). Tal serie de escenarios adolecía de estar incompletos, al no estar montados sobre una climatología base, situación que ya había sido resuelta por nuestro colectivo (Rivero Jr., 2012 a y b).

A nivel del país, nuestro colectivo, trabajando desde 1995 en el tema, había sido pionero en las investigaciones de cambio climático aplicado a la agricultura (Centella *et al.*, 1999 y 2000; Rivero *et al.*, 2000) y en particular a la tendencia de la evolución de la sequía agrícola. Tanto en la Primera Comunicación (INSMET 2001) como en los resultados de un proyecto territorial (Rivero Jr. *et al.*, 2004; Varela *et al.*, 2004; Rodríguez *et al.*, 2003) se ha encontrado una marcada tendencia a la aridización de nuestro territorio en particular y del país en general.

Por todo lo anterior el objetivo del presente trabajo es actualizar los indicadores de sequía bajo la luz de las nuevas técnicas de escalado propuestas por la sede nacional del INSMET.

2. Materiales y métodos:

Para el desarrollo del presente trabajo se emplearon las bases de datos SCNPrecis que consisten en los escenarios de cambio propuestos por Centella y Bezanilla (2009) depurados por Rivero Jr. (2011).

Con vistas a obtener este resultado, el primer paso consistió en extender los escenarios obtenidos para Camagüey por Rivero Jr (2012 a y b) para incluir los pluviómetros, y así poder correr los algoritmos del sistema SAT IV (Rivero Jr., 2007; Rivero Jr. *et al.*, 2012 a y b) de la sequía agrícola.

A diferencia de los escenarios que se crearon en el primer resultado, limitados a un clima de referencia 2001 – 2010 debido al error del milenio (Y2K) en las aplicaciones objetivo (DSSAT), en este caso pudo contarse con una base climática 1998 – 2011, que es el momento desde el cual se dispone la pluviometría de manera estable. No obstante, los dos primeros años no se incluirán en los análisis, ya

que son los necesarios para lograr la convergencia de los modelos diferenciales que están implementados en el sistema.

En el presente sistema, los pluviómetros y estaciones son tratados como subclases de una superclase denominada estación, por lo que en lo sucesivo nos referiremos a ambos indistintamente con el nombre de estación.

A cada estación se le hizo corresponder el punto de rejilla más cercano. En el caso en que hubiera dos a la misma distancia, se tomaba cualquiera de los dos. El proceso de selección consistió en tomar el de menor valor de su identificador, para evitar complicar demasiado el script SQL empleado (Script 1). En realidad, para economizar en el proceso y simplificarlo, se tomaba el primero de los que entrara en una relación de distancia que fuera inferior a la diagonal de un cuarto de celda de la rejilla PRECIS.

SCRIPT 1: VIEW "FUTURO_Estaciones_vs_Puntos_aprox"

```
SELECT ID_Estacion, MIN(ID) AS Punto
FROM (SELECT ID_Estacion, Lat, Lon, [ID], Lat2, Lon2, SQUARE(Lat - Lat2) + SQUARE(Lon - Lon2) AS Radio2
      FROM (SELECT dbo.AllStations.ID_Estacion, dbo.AllStations.LatitudReal AS Lat,
                  dbo.AllStations.LongitudReal AS Lon
            FROM dbo.AllStations INNER JOIN
            dbo.Estaciones ON dbo.AllStations.ID_Estacion = dbo.Estaciones.ID_Estacion
            WHERE (dbo.AllStations.ID_Centro = 125) AND (dbo.AllStations.ID_Estacion <> 98001)) E CROSS JOIN
            (SELECT [ID], Lat AS Lat2, Lon AS Lon2
             FROM SCNPrecis2enD.dbo.PuntosCoordenados TS
             WHERE (Country = 53)) P
      WHERE (SQUARE(Lat - Lat2) + SQUARE(Lon - Lon2)) <= 0.125) T
GROUP BY ID_Estacion, Lat, Lon
```

EJEMPLO DE LA SALIDA:

ID_Estacion	Punto	ID_Estacion	Punto	ID_Estacion	Punto
78350	23	78352	31	78354	17
78351	27	78353	16	78355	28

En sistemas gestores de bases de datos, para crear valores para años que no existen aún en la base de datos, es necesario hacer un ciclo. La forma más elegante que se nos ocurrió, fue crear una tabla virtual o Vista (VIEW) donde se formarían listas de fechas futuras para cada uno de los días futuros del escenario, reproduciendo el mes y día de cada uno de cuatro años consecutivos existentes, con el objetivo de incluir uno bisiesto, con los años y meses de las series móviles de cambio climático obtenidos en el primer resultado, que se hallan en la base de datos de nombre "SCNPrecis2enD" (Script 2).

Se crearon consultas de control de calidad para ver si se habían producido los resultados esperados, donde se hizo evidente la ausencia del año 2015, como se había documentado en los resultados anteriores.

Se procedió a crear los escenarios continuos cíclicos creados por Rivero Jr (2012 a y b) mediante una instrucción SQL con medias móviles de 10 años, obteniéndose dos escenarios continuos del período 1998 – 2094 correspondientes al downscaling por superposición de cambio climático por variables del anidamiento del modelo regional PRECIS (Jones *et al.*, 2004) en el modelo global ECHAM4, con guiones de emisión de efecto invernadero A2 y B2, almacenándose los resultados en las bases de datos FUTURA y FUTURA2. Los escenarios correspondientes se denominarán PRECIS–ECHAM4–A2 y PRECIS–ECHAM4–B2, pero como comparten la misma raíz, se les podrá denominar indistintamente de manera abreviada escenarios A2 y B2.

SCRIPT 2: VIEW “FUTURO_Pura_Fecha_2012_On”

```
SELECT TOP 100 PERCENT S.Ano, S.Mes, A.Dia, A.Ano AS Ano2, A.Mes AS Mes2
FROM (
    SELECT TS .Anyo AS Ano, TS .Mon AS Mes
    FROM SCNPrecis2enD.dbo.PRECIS_MediasMoviles TS
    WHERE (TS .Anyo > 2011) AND (Country = 53) AND (Point = 1)
    AND (Model_ID = 1) AND (Scenario_ID = 1) AND (DeltaAnyo = 10)
) S INNER JOIN (
    SELECT YEAR(TA.Fecha) AS Ano, MONTH(TA.Fecha) AS Mes, DAY(TA.Fecha) AS Dia
    FROM Datos_INSMET TA
    WHERE (ID_Estacion = 78355) AND (YEAR(TA.Fecha) >= 2000) AND (YEAR(TA.Fecha) <= 2003)
) A ON S.Mes = A.Mes AND 2000 + S.Ano % 4 = A.Ano
ORDER BY S.Ano, S.Mes, A.Dia
```

EJEMPLO DE LA SALIDA:

Ano	Mes	Dia	Ano2	Mes2	Ciclo de 4 años
2012	1	1	2000	1	Primer ciclo
2012	1	2	2000	1	Primer ciclo
2012	1	3	2000	1	Primer ciclo
2012	1	4	2000	1	Primer ciclo
-----					Primer ciclo
2012	1	31	2000	1	Primer ciclo
2012	2	1	2000	2	Primer ciclo
2012	2	2	2000	2	Primer ciclo
-----					Primer ciclo
2019	12	29	2003	12	Primer ciclo
2019	12	30	2003	12	Primer ciclo
2019	12	31	2003	12	Primer ciclo
2020	1	1	2000	1	Segundo ciclo
2020	1	2	2000	1	Segundo ciclo
2020	1	3	2000	1	Segundo ciclo

Se clonó el sistema SAMPA para trabajar indistintamente con ambas bases, generándose dos aplicaciones ASP.NET de igual nombre (FUTURA y FUTURA2), que solo se diferencian en su configuración.

Para rellenar el año 2015 se consideró tomar la media 2014 – 2016, pero se consideró que especialmente en el caso de la lluvia podría traer valores anómalos, por lo que se escogió la opción de tomar exactamente los valores del 2014, y tener esto en cuenta en el análisis.

Se procedió a plotear diferentes variables meteorológicas, para observar si la señal de cambio se asemejaba a las de la rejilla 01 del PRECIS trabajada en los resultados anteriores.

Por ello se anticipa que no deben ser muy significativos los cambios en los patrones de sequía, a menos que la influencia de las temperaturas juegue un papel decisivo. El único inconveniente es que este papel se expresa solo a través de la evapotranspiración, pues los sistemas actuales de monitoreo empleados en Cuba no simulan el crecimiento de las plantas, donde sí se pueden manifestar otros efectos, como los mostrados por Rivero Jr. (2011, 2012 a y b).

La radiación solar se calculó con la fórmula de Hargreaves. Arbitrariamente se le dio el valor de 0.18 a la constante correspondiente por considerar que es un valor intermedio entre regiones costeras (0.19) y continentales (0.16) que puede muy bien representar el territorio de nuestra provincia.

Al considerar este método de cálculo se asume implícitamente que la relación empírica entre la radiación solar y la amplitud térmica considerada en esta fórmula se mantiene vigente a lo largo del siglo, y en los intervalos en que se manifiestan estas magnitudes.

Mediante las aplicaciones ASP.NET de nombre FUTURA y FUTURA2 se procedió a calcular las componentes del balance hídrico (Rivero Jr. et al., 2000 y 2001), que conforman el sistema de monitoreo SAT IV, heredado del sistema SAT II de 1996 (Rivero *et al.*, 1996 y 1997). El balance hídrico se efectúa para el cultivo de referencia (Allen *et al.*, 1998) consistente en un pasto tropical de 12 cm de altura con todas las necesidades de nutrientes satisfechas. Nos topamos con una dificultad impredecible, y después de varios intentos por esclarecerlos, en una ocasión única, apareció un mensaje comunicando que la base de datos había alcanzado el límite de 2 Gb otorgado por la licencia. Después de un esfuerzo prolongado borrando todo lo que no fuera a ser imprescindible para el resultado, incluyendo los dos años de datos de convergencia, 1998 – 1999, se logró a duras penas extender la corrida hasta el año 2083 (cerrando ciclos completos de 4 años), que resulta suficiente para arribar a conclusiones.

Las variables agrometeorológicas que se monitorearon son las siguientes:

Variable	Definición	Significado
P	----	Precipitación (mm)
ETP	Allen et al., 1998	Evapotranspiración potencial
ETR	Allen et al., 1998	Evapotranspiración real
IE	= ETR/ETP	Índice de aridez de Stentz, rebautizado como índice de abasto de agua a los cultivos
IP	= P/ETP	Índice de sequía meteorológica del PNUMA
IS	= S/ETP (Rivero et al., 2009)	Índice de sequía hidrológica

3. Análisis y discusión de los resultados.

Análisis del caso ECHAM4 – A2

Comportamiento de Julio como iniciador de la sequía estival

En el ploteo de los totales anuales de lluvia se comprobó que, sorprendentemente, no había tendencias ni al aumento ni a la disminución, en cuanto a valores anuales se refiere. Esto contradice los resultados a los que han arribado otros estudios globales para nuestra región, pero coinciden con las conclusiones a las que arribael investigador Tomás Gutiérrez, Director General del INSMET (Ida Mitrani, comunicación personal).

Se hace un análisis del comportamiento de IE mensual definido como ETR mensual / ETP mensual para el mes de julio, con vistas a analizar el comportamiento de la sequía intraestival que divide en dos partes el período lluvioso en nuestro territorio.

En el caso de la estación 78350 (Florida) se observa una alta variabilidad del índice IE mensual (fig. 1). Se observa en el clima de referencia un ligero descenso. A medida que se impone el cambio climático a mediano plazo, en los próximos 20 años, observamos un aumento en forma de arco, para luego descender hacia finales de siglo y finalmente ascender nuevamente en los últimos 15 años, sin que nada muestre que tal ascenso sea definitivo. En las medias móviles se aprecia mejor este comportamiento, donde el valor medio se estabiliza desde mediados de siglo.

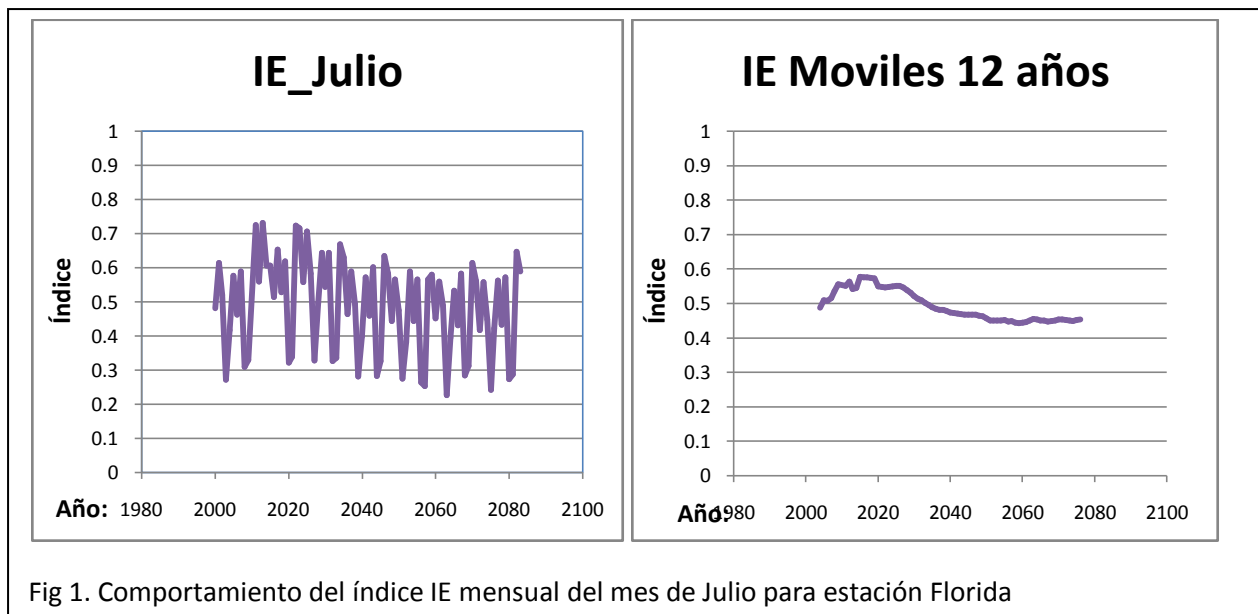
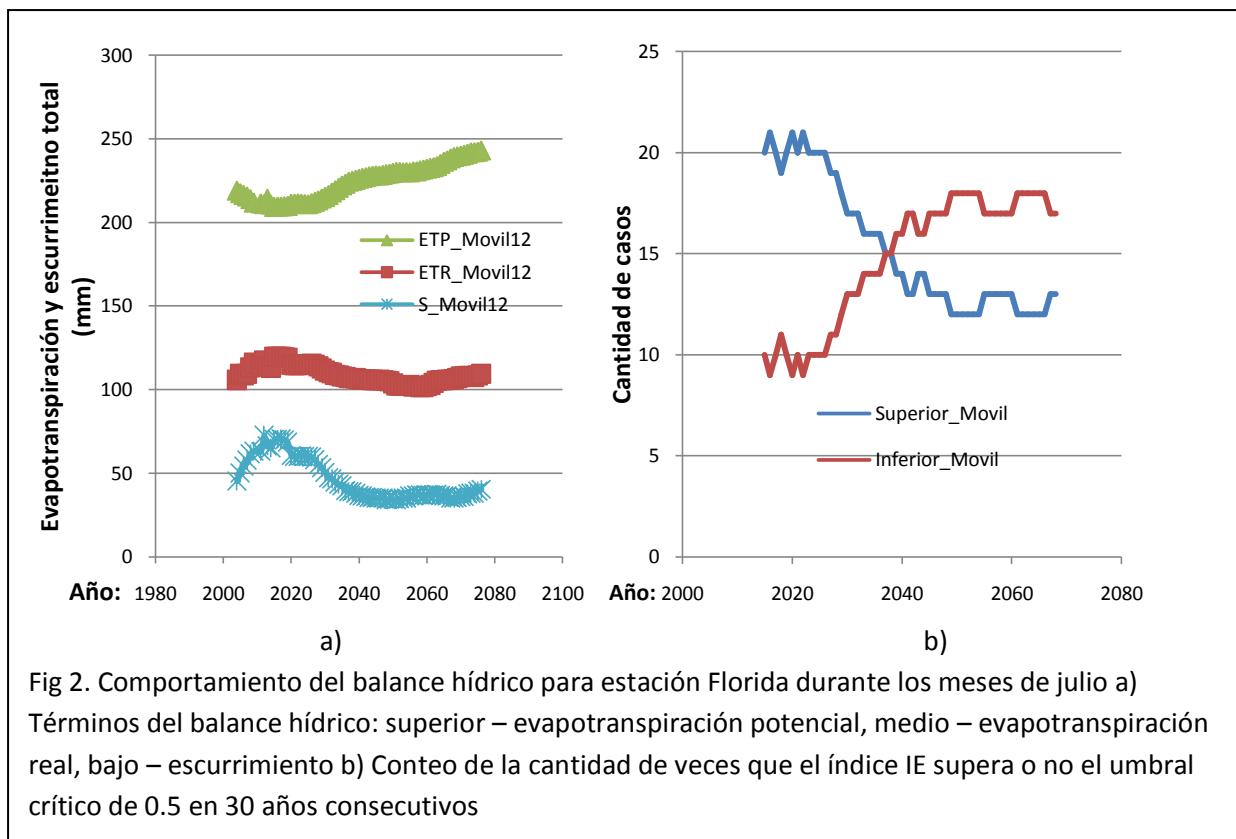
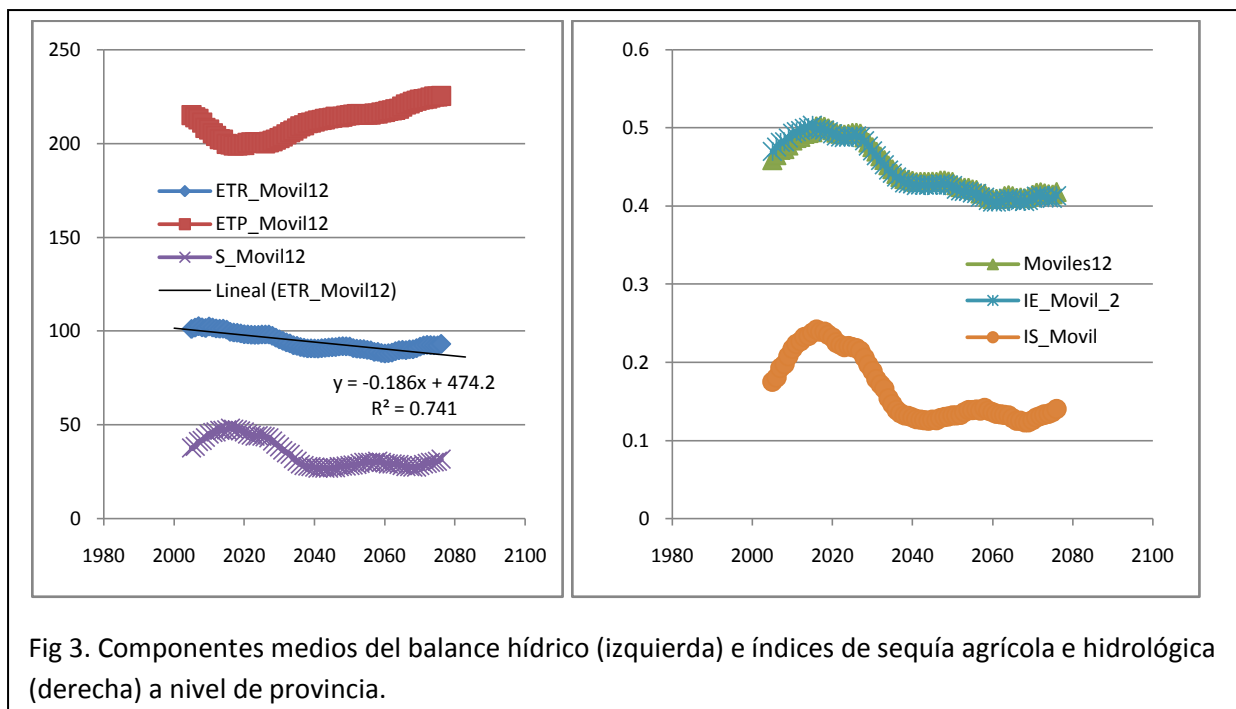


Fig 1. Comportamiento del índice IE mensual del mes de Julio para estación Florida



En la fig. 2. podemos estudiar el comportamiento general de los términos independientes que conllevan al índice compuesto IE. En particular observamos que la evapotranspiración potencial (ETP) dependiente de la velocidad del viento y de la temperatura se eleva sistemáticamente desde un tercio del siglo luego de un pequeño descenso en forma de arco invertido en los primeros años. El escurrimiento (S) resulta bastante alto en los primeros años, estabilizándose luego hacia finales de siglo. Y la evapotranspiración real (ETR) no presenta tendencias significativas, incapacitada por la disponibilidad de agua en los suelos de seguir las tendencias de la potencial.

Hasta el momento, ningún cambio es significativamente marcado. Sin embargo, cuando procedimos a contar el número de veces que en un plazo de 30 años el valor medio de IE mensual del mes de julio excedía el umbral de 0.5 que separa el estado crítico del regular, se observaron los resultados más notables. Aunque en término medio a lo largo de los 83 años el número de veces que el índice está a uno u otro lado del umbral es aproximadamente el mismo, siendo 43 veces superior y 40 veces inferior, lo cierto es que la distribución de estas cuantías en el tiempo sí varía sustancialmente, como se aprecia en la fig 2. b). La condición de humedad de los suelos pasa de ser regular las dos terceras partes de los 30 años, a comienzos del siglo, a estar un 60 % de los años en condiciones de insuficiente abasto de agua, igualándose a 15 años ambas condiciones en el período de 30 años que circunda al 2037 o 2038 (o sea, 2023 al 2053).



Los valores medios provinciales muestran un comportamiento similar, a excepción de que la evapotranspiración real estimada ahora sí muestra una ligera tendencia decreciente (fig. 3). Así mismo observamos que las medias móviles del índice de sequía superan muy pocas veces el umbral de 0.5, especialmente visible a principios de siglo en contraste con estación Florida, y así mismo el índice de sequía hidrológica de Rivero Vega *et al.* (Rivero, 2009) muestra un estrés significativo desde mediados de siglo.

Comportamiento del período poco lluvioso

En el período poco lluvioso y en el extendido, donde incluimos el mes de mayo, podemos observar que de acuerdo al escenario PRECIS – ECHAM4 – A2 no se aprecian grandes cambios con respecto a los indicadores de sequía, excepto por el notable aumento de la demanda evaporativa de la atmósfera que no llega a ser satisfecho, y sí se aprecian algunos ciclos que pueden estar inferidos por la inercia que tienen los sistemas ante los cambios en las cantidades de precipitación que ingresan a la columna de suelo (Fig 4).

Se puede apreciar en la fig. 5 que estas diferencias no introducen prácticamente influencia en los valores de los índices de abasto de agua o sequía agrícola y de sequía hidrológica, estando evaluados de críticos, lo que hace preciso que en esta etapa el riego es de uso obligatorio, o en su defecto las tierras deben dejarse reposar en barbecho para trabajarlas cuando estén próximas a romper las lluvias.

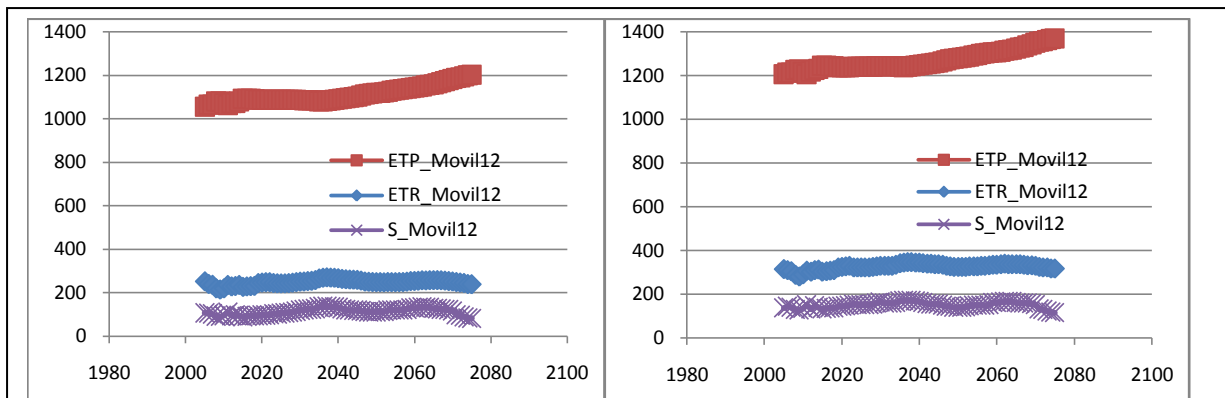


Fig 4. Evapotranspiración potencial (arriba, mm), real (al medio) y escorrentía (abajo) para el período poco lluvioso(izquierda) y poco lluvioso extendido (derecha).

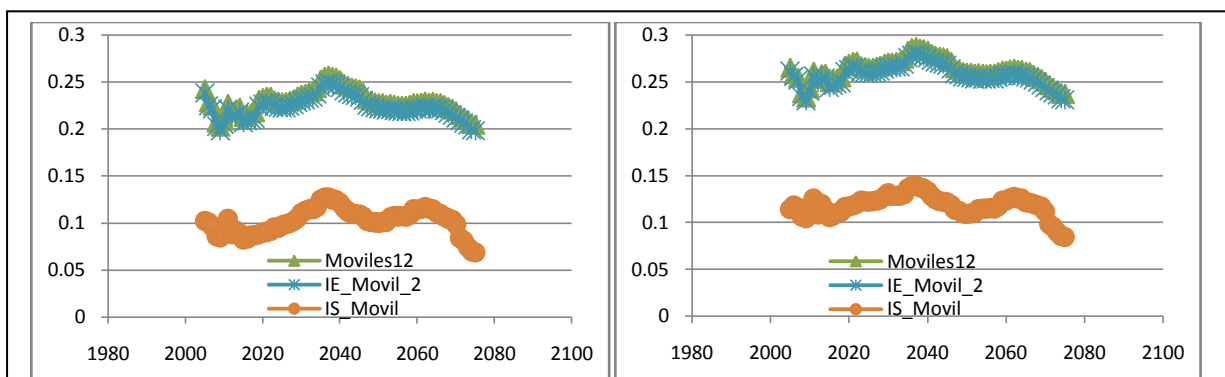


Fig 5. Índice de sequía agrícola (arriba) e hidrológica (abajo) para el período poco lluvioso(izquierda) y poco lluvioso extendido (derecha).

La tendencia al decremento de ambos índices en la segunda mitad del siglo se debe fundamentalmente al aumento de la evapotranspiración potencial, ya que la real y el escurrimiento estacional se mantienen aproximadamente constantes en la etapa, exceptuando un ligero decremento del escurrimiento hacia finales de siglo, que no es tan marcado en la evapotranspiración real.

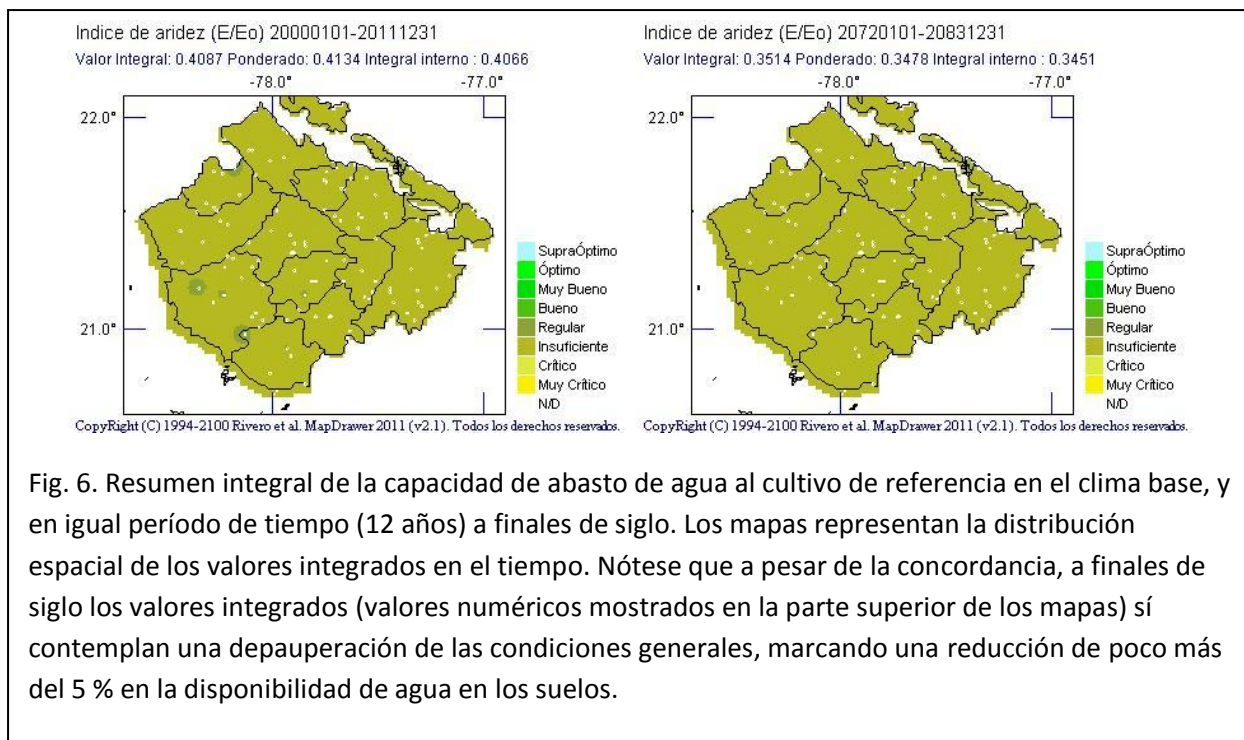


Fig. 6. Resumen integral de la capacidad de abasto de agua al cultivo de referencia en el clima base, y en igual período de tiempo (12 años) a finales de siglo. Los mapas representan la distribución espacial de los valores integrados en el tiempo. Nótese que a pesar de la concordancia, a finales de siglo los valores integrados (valores numéricos mostrados en la parte superior de los mapas) sí contemplan una depauperación de las condiciones generales, marcando una reducción de poco más del 5 % en la disponibilidad de agua en los suelos.

Duración de los períodos secos

Atendiendo a la duración de los períodos secos podemos observar (fig. 7) que todos los años la provincia presenta períodos secos cortos (serie de rombos azules), comúnmente asociados a la sequía estival (julio – agosto), aunque esto no se cumple en el 100 % de los casos, pues ocurren en ocasiones la presencia de algunos años anómalos donde la sequía invernal se ve dividida en dos por un mes intermedio con características de humedad menos crítica.

Igualmente se observa que todos los años presentan un período seco invernal (serie de cuadrados rojos) que va desde 4 meses como mínimo hasta un máximo de 9 meses, que al estarse abordando los totales provinciales, representan valores realmente críticos, pues significa que toda la provincia está en condiciones de sequía durante períodos de 9 meses.

Se observa que lo típico es la duración de 5 meses, lo cual puede estar dado porque los períodos de seca no afectan sistemáticamente al mismo territorio, sino que suelen manifestarse en diferentes regiones propensas de la provincia, dando una media de 5 meses, aun cuando individualmente pueda llegar a ser mayor en los territorios directamente afectados.

La única tendencia marcada que se observa es que a finales de siglo se observa un menor número de períodos secos cortos (1 y 3 meses) y los períodos largos más críticos, que duraban de 6 a 8 meses pasan a durar hasta 9 meses, siendo las duraciones de 8 y 9 meses las más predominantes dentro de los casos extremos. Esto significa que se observa un marcado cambio en la distribución de los valores extremos de la distribución de la sequía provincial.

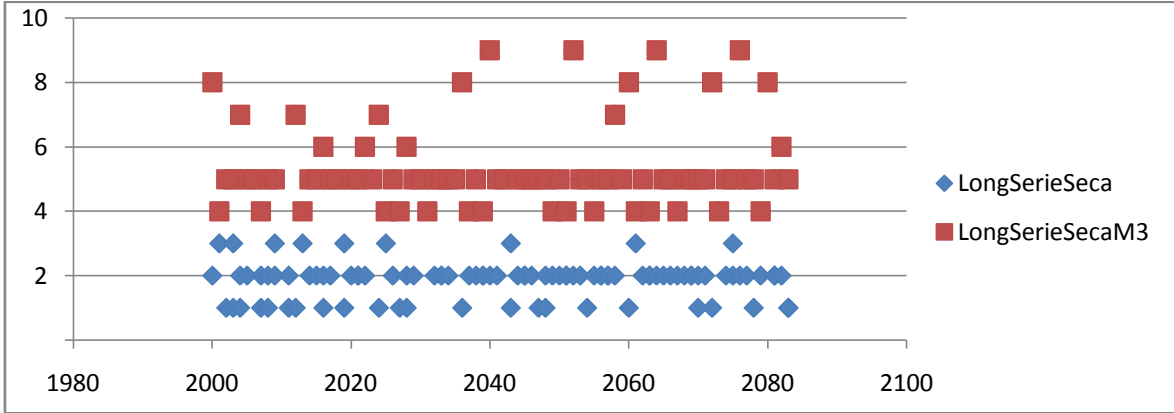


Fig. 7. Distribución por años de la duración de los períodos secos para la provincia integrando espacialmente.

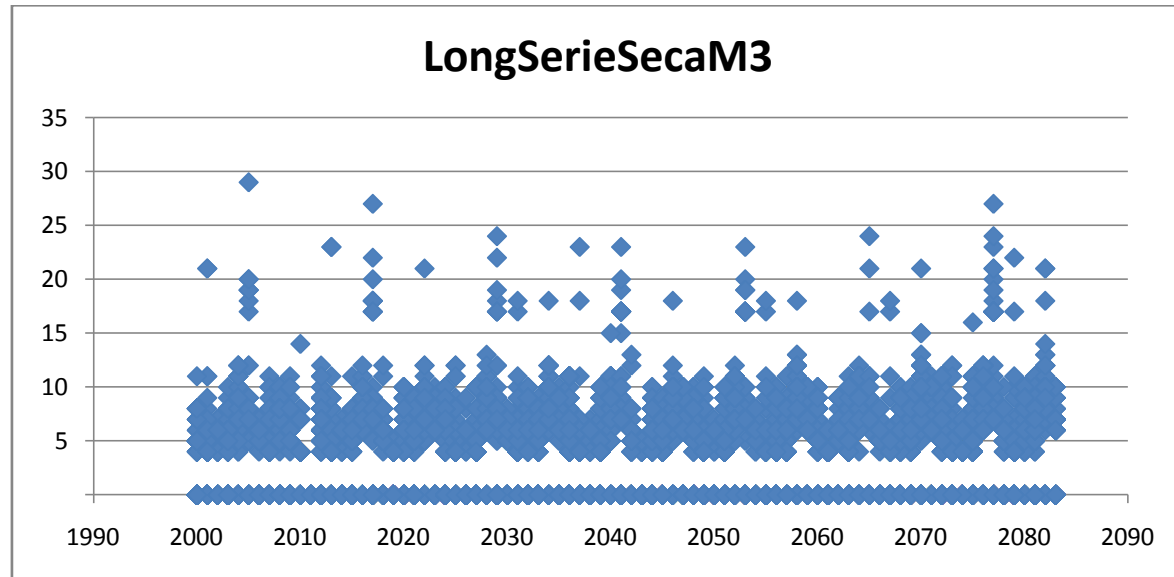


Fig 8. Duración de los períodos secos mayores de 3 meses por estaciones.

Al analizar la duración en meses de la sequía en los períodos largos (fig. 8) vemos un cuadro desolador, donde resulta muy frecuente encontrar una gran cantidad de estaciones con períodos secos de más de nueve meses y hasta un año, así como gran cantidad de valores extremos que van desde un año y medio hasta dos años y medio. En esta gráfica no se puede determinar la tendencia de las distribuciones ni las de los valores extremos, pues el único año excepcional (2077) no marca una pauta en la cantidad de casos extremos que encontramos año tras año.

Debemos aclarar que en esta gráfica, la estación que presente una duración de entre 13 y 24 meses, no aparecerá representada el año anterior, así como las que duren de 25 a 30 meses, no aparecerán en los dos años anteriores. Eso causa que estos casos se aglomeren en forma de columna cada dos o tres años.

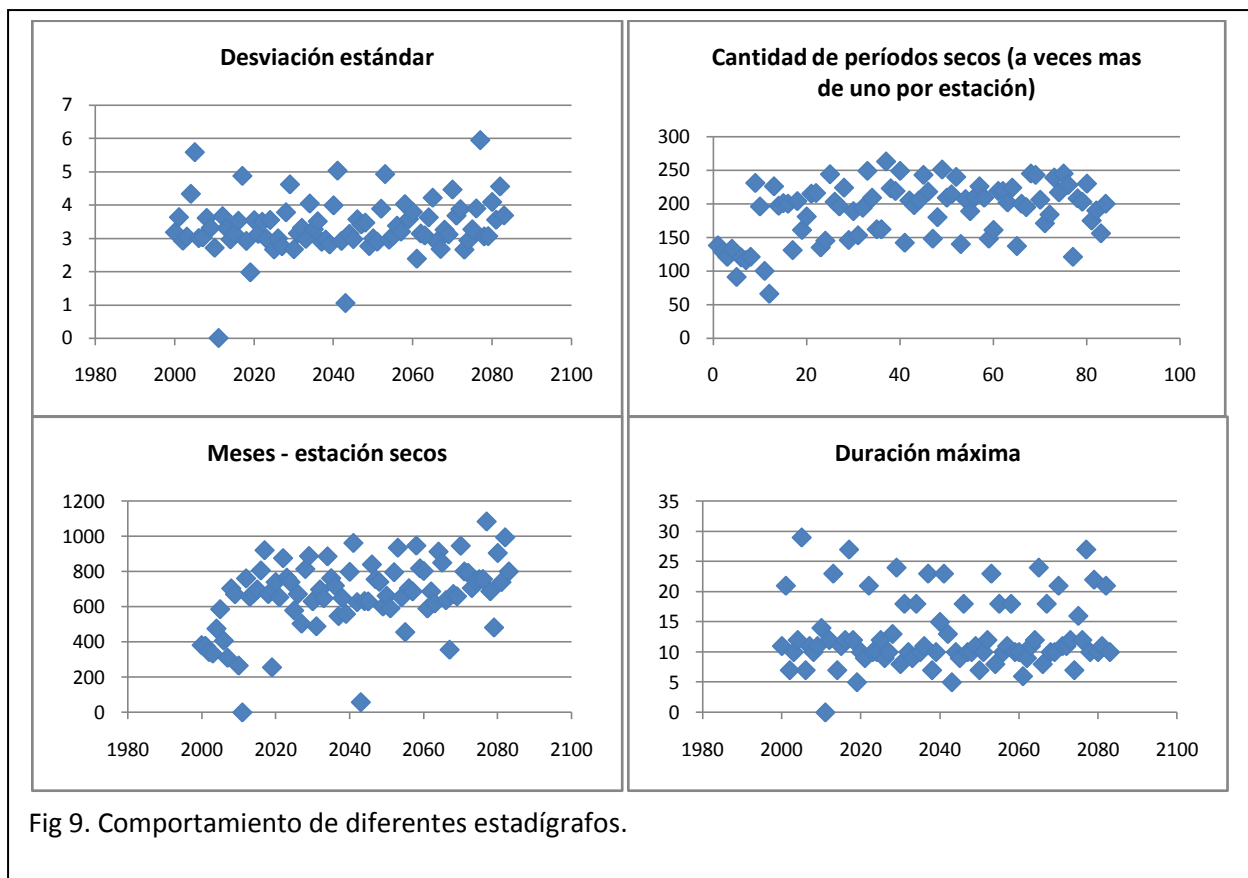


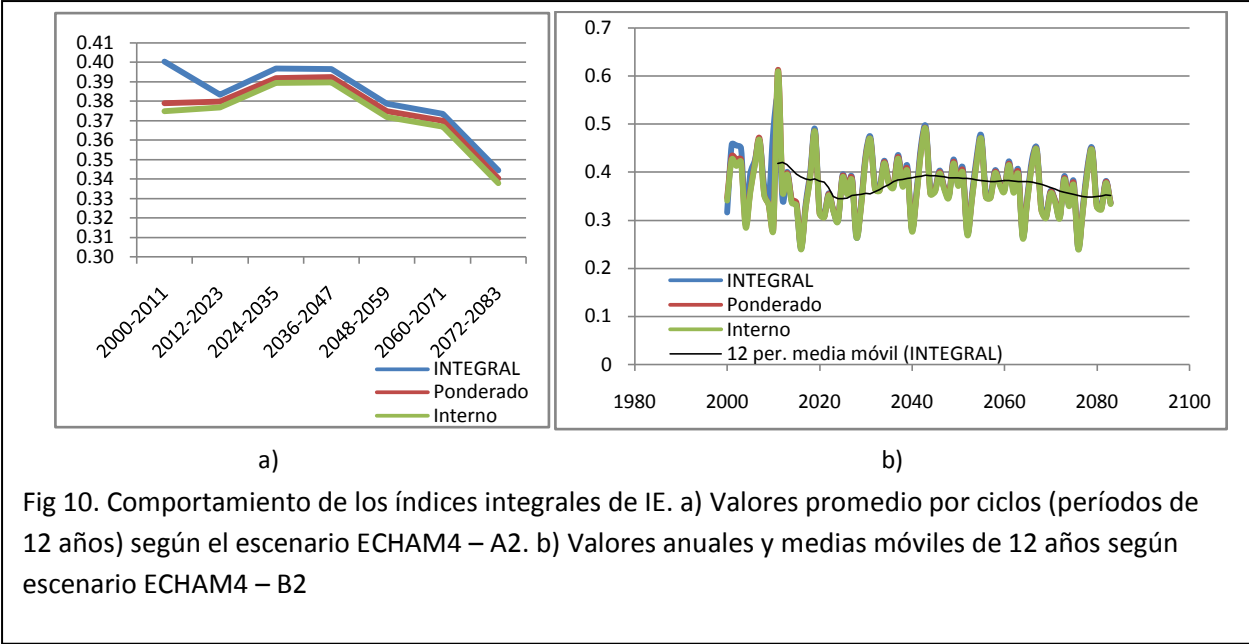
Fig 9. Comportamiento de diferentes estadígrafos.

En la fig. 9 podemos observar que no se aprecian tampoco tendencias en los diferentes estadígrafos. La única conclusión que se puede sacar es que existe como promedio una tendencia a tener una duración máxima por año de 9 a 12 meses secos en alguna que otra estación de la provincia, siendo atípicos, aunque no poco frecuentes, los años en que se sobrepasa esa cifra.

Índices integrales

Se había anticipado en los mapas que en entre el período inicial de 12 años y el período de igual duración de finales de siglo se observaba una diferencia en los índices integrales de todo el territorio provincial.

En general, se observa una tendencia a la reducción de los valores integrales del índice de abasto de agua a los cultivos hacia finales del siglo (fig. 10) según el escenario ECHAM4 – A2, lo cual es compatible con la tendencia al incremento de las situaciones de insuficiente abasto que apreciábamos anteriormente. En el caso del escenario ECHAM4-B2 las tendencias son menos marcadas (fig. 10b).



Análisis del caso ECHAM4 – B2

El análisis de los escenarios PRECIS-ECHAM4-B2 no arrojó grandes diferencias respecto a los guiones A2, como se observa en la fig. 11, excepto en el período 2013 y 2027, que sin embargo no sobrepasan el rango de variabilidad normal de la serie, estando las diferencias por debajo de 0.09, por lo que se consideran igualmente válidas para este escenario las conclusiones a las que se arriba con los escenarios A2, excepto para las políticas y estrategias que se deseen trazar a corto plazo.

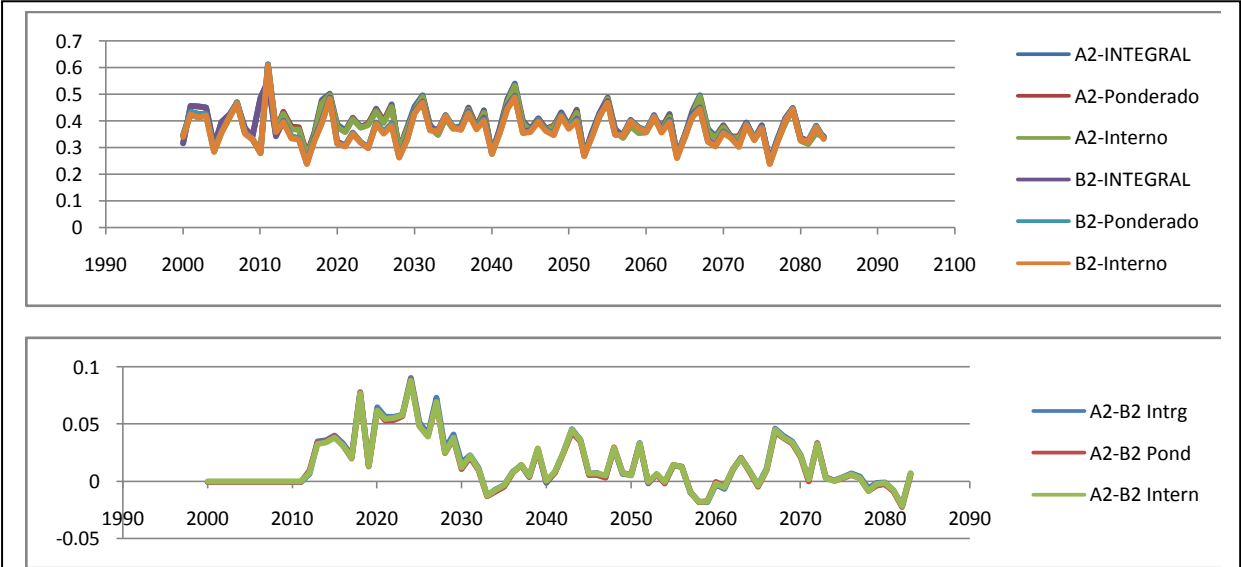


Fig. 11. Índice Integral IE para los escenarios A2 y B2 (arriba – comparación) y (abajo) diferencias entre ellos.

Como se aprecia, las tendencias tienden a disminuir con el tiempo indicando un acercamiento de los resultados hacia finales de siglo.

4. Conclusiones:

Los escenarios climáticos entregados por el INSMET en ocasión del segundo informe de país a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, obtenidos con un modelo regional anidado en las salidas del modelo global ECHAM4, no permiten la extracción de conclusiones detalladas sobre la evolución de los indicadores de sequía a lo largo del siglo XXI.

Aunque una de las causas pudiera ser la influencia de la reducción de la amplitud térmica sobre los valores de la radiación solar implícita en la fórmula de Hargreaves, no pareciera ser este el caso ya que sí se observó una tendencia al incremento de la demanda evapotranspirativa de la atmósfera que depende directamente de este factor.

Como se analizaba en el epígrafe anterior, por el contrario, no se observaba una tendencia de la evapotranspiración real simulada del cultivo de referencia, debido probablemente a que estaba limitada por la humedad disponible en los suelos, y a que no se consideraron fases fenológicas de tal cultivo de referencia, lo cual pudiera ser una deficiencia de la metodología. Toda vez que este cultivo de referencia es perenne, ajustar la metodología pudiera ser un proceso engorroso y quizás imposible con los datos de que se dispone.

No obstante, a pesar de que hay una tendencia no significativa a la depauperación de los índices, sí se observan algunos cambios en la estructura y composición de los períodos de sequía atendiendo a su clasificación y frecuencia de eventos extremos, en particular parecen hacerse más frecuentes los períodos largos de sequía y menos frecuentes los períodos cortos. Adicionalmente, aumenta ostensiblemente el número de años en períodos de 30 años en que el índice clasifica como de insuficiente abasto de agua a los cultivos (condición generalizada de sequía).

Referencias.

Centella, Abel, Tomás Gutiérrez, Miriam Limia y Roger R. Rivero (1999): ClimateChangeScenariosforImpactAssesment in Cuba. ClimateResearch, ISSN 0936-577X

Centella, Abel, Tomás Gutiérrez, Miriam Limia y Roger R. Rivero (2000): Climate Change Scenarios for Impact Assesment in Cuba. Climate Change Impacts and Responses. Proceedings of the Conference on National Assessment Results of Climate Change Held in San José, Costa Rica, Marzo 25-28, 1998

Centella, A., y A. Bezanilla (2009): Escenarios Climáticos Simulados Generados con el Modelo Climático Regional PRECIS. Informe Científico Técnico presentado al Caso de Estudio del Sur de La Habana en el marco del proyecto Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático. INSMET. 39 pp.

Ida Mitrani [comunicación personal](2012): En la “Convención Trópico 2012” Ida me comunicaba que a Tomás Gutiérrez la aplicación de los escenarios climáticos del PRECIS le había dado como resultado que no había tendencias en las precipitaciones anuales en Cuba.

- INSMET (2001): República de Cuba. Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, Instituto de Meteorología, La Habana, 166 pp.
- Jones R. G., Noger M., Hassell D. C., Hudson D., Wilson S., Jenkins G. and Mitchell, J. (2004): Generating high resolution climate change scenarios using PRECIS. Met Office Hadley Center, Exeter, UK, 40 pp.
- Rivero Jaspe, R. R. (2007): SAT IV: Implementación del Sistema de Alerta Temprana de la Sequía Agrícola sobre Tecnologías Modernas de la Información. Informe Científico Técnico de Resultado, Centro Meteorológico de Camagüey, 38 pp.
- Rivero Jr., Roger R. (2011) [inédito]: Nuevos métodos de construcción de escenarios climáticos, ejemplos de aplicaciones al estudio del impacto del cambio climático en la productividad y uso del agua en los cultivos de papa y arroz. Informe Científico Técnico de Resultado, 66 pp., Instituto de Meteorología, presentado al Congreso de Medio Ambiente y Desarrollo
- Rivero Jr., R. R. (2012 a): Nuevos métodos de crear escenarios de cambio climático: aplicación al caso de Camagüey y Mayabeque adaptando las salidas del modelo regional PRECIS. Memorias del *Taller Regional de Meteorología*, SometCuba – Camagüey, 21 – 23 marzo de 2012, INSMET, 38 pp.
- Rivero Jr., R. R. (2012 b): Nuevos métodos de crear escenarios de cambio climático: aplicación al caso de Camagüey y Mayabeque adaptando las salidas del modelo regional PRECIS (Resumen Ejecutivo). Memorias del *III CONGRESO METEOROLOGIA TROPICAL de la CONVENCION TROPICO 2012*, INSMET, 14 al 18 de mayo de 2012, Palacio de las Convenciones, La Habana, 20 pp.
- Rivero Jr., Roger R., Roger E. Rivero, Dositeo R. García e Ignacio C. Martínez (2000 b) [inédito]: Sistema Nacional de Alerta Temprana de la Sequía Agrícola. Informe Científico Técnico de Resultado, 30 pp., Instituto de Meteorología, aprobado por el Consejo de Expertos del PNCT "Cambios Globales", GEPROP, Agencia de Medio Ambiente, CITMA
- Rivero Jr., Roger R., Roger E. Rivero Vega, Dositeo Ramón García Bargados e Ignacio Camilo Martínez Galindo (2001) [inédito]: Sistema Nacional de Alerta Temprana de la Sequía Agrícola. Informe Científico Técnico de Resultado, 30 pp., Instituto de Meteorología, XIV Fórum de Ciencia y Técnica a nivel de base y municipal.
- Rivero Jr., Roger R., Roger E. Rivero Vega, Zoltan Rivero Jaspe, Alberth Rodríguez Vega, Iomaris Pérez Abraham, Julia Morejón Peña, Olinda Padilla Font, Ayamir Agramonte Almanza, Nélica Varela Ledesma, Aramís Fonte Hernández, Dositeo García Bargados y Félix Gamboa Romero (2004): Evaluación integral del impacto de los cambios climáticos sobre la agricultura, la ganadería y los bosques en Camagüey. Informe Final de Resultado Científico Técnico de Proyecto Territorial, 213 pp.
- Rivero Jr., R. R., A. Hernández, R. E. Rivero, G. García, Y. Echavarría, E. Plasencia, I. Pérez, A. Rodríguez, C. Ferrer, J. Morejón e I. Pérez (2012 a): Sistema de Apoyo Meteorológico a la Producción de Alimentos. Memorias del Taller Regional de Meteorología, SometCuba – Camagüey, 21 – 23 marzo de 2012, INSMET, 60 pp.

- Rivero Jr., R. R., A. Hernández, R. E. Rivero, G. García, Y. Echavarría, E. Plasencia, I. Pérez, A. Rodríguez, C. Ferrer, J. Morejón e I. Pérez (2012 b): Sistema de Apoyo Meteorológico a la Producción de Alimentos (Resumen Ejecutivo). Memorias del *III CONGRESO METEOROLOGIA TROPICAL de la CONVENCION TROPICO 2012*, INSMET, 14 al 18 de mayo de 2012, Palacio de las Convenciones, La Habana, 20 pp.
- RiveroVega, Roger E., Dositeo García y Roger R. Rivero Jaspe (1996) [inédito]: Sistema de Alerta Temprana de la Sequía Agrícola. Experiencias de su uso durante la emergencia ganadera de 1995-1996 en Camagüey. Informe Científico Técnico de Resultado, 18 pp., Instituto de Meteorología, XI Fórum de Ciencia y Técnica a nivel de base y municipal, 1996.
- RiveroVega, Roger E., Dositeo García Bargados y Roger R. Rivero Jaspe (1997): Sistema de Alerta Temprana de la Sequía Agrícola. Experiencias de su uso durante la emergencia ganadera de 1995-1996 en Camagüey, 18 pp. REPIDISCA
- Rivero Vega, Roger E., Roger R. Rivero, Néstor E. Rivero, Manuel Sánchez, Ada R. Roque, Dositeo R. García y Estrella C. Lavado (2000 a): Preliminary Assessment of the Biophysical Impacts of Climate Change on Forests and Main Crops in Camagüey, Cuba. Climate Change Impacts and Responses. Proceedings of the Conference on National Assessment Results of Climate Change Held in San José, Costa Rica, Marzo 25-28, 1998
- Rivero Vega, Roger E., Zoltan I. Rivero Jaspe y Roger R. Rivero Jaspe (2009): Índice de aridez hidrológica con fines de monitoreo, evaluación de impactos y adaptación al cambio climático. En Memorias del *Primer Congreso Internacional de Cambio Climático de la VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo*, La Habana, 6 - 10 de Julio de 2009, 13 pp. En CD-ROM ISBN: 978-959-304-003-7.
- Rodríguez Vega, Alberth, Roger E. Rivero Vega, Zoltan I. Rivero Jaspe, Roger R. Rivero Jaspe, Dositeo R. García Bargados, Nélica Varela Ledesma e Iomaris Pérez Abraham (2003): Impacto sobre los pastos y el ganado vacuno. Informe Científico Técnico de Resultado, 20 pp., Instituto de Meteorología.
- Varela Ledesma, Nélica, Iomaris Pérez Abraham, Roger R. Rivero Jaspe y Albert Rodríguez Vega (2004): Impactos de los cambios climáticos en Camagüey. Caso de la sequía. Software complementario. En *Memorias de Convención Trópico 2004*, Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba, 4 - 9/4/2004