

(Acotaciones de un oyente)

MODELOS FITOCLOMATICOS ANALOGICOS PARA LA PRODUCCION NATURAL Y ARTIFICIAL DE LA TIERRA ANTE LOS CAMBIOS CLIMATICOS QUE SE PREDICEN. CASO DE ESTUDIO DE AMERICA DEL SUR

Luis Miró-Granada Gelabert
Dr. Ingeniero Agrónomo

Informe sobre la conferencia de Profesores SECO J. y BURGOS J.J.

«Modelos fitoclimáticos analógicos para la producción natural y artificial de la Tierra ante los cambios climáticos que se predicen. Caso de estudio de América del Sur», dada por el Prof. D. Juan J. Burgos, en los días 29 de enero y 2 de febrero de 1990.

1. Por la Asociación Meteorológica Española (A.M.E.) y con el patrocinio de la Caja de Madrid, ha tenido lugar un Seminario bajo el título «Efectos Climáticos de la Contaminación Atmosférica», entre las fechas 11 enero-8 febrero últimos, desarrollándose nueve Ponencias y cinco Conferencias, encuadradas en los tres grandes Temas siguientes:

- Alcance a escala planetaria de la contaminación atmosférica.
- Cambios climáticos a nivel mundial.
- La contaminación a escalas urbana y regional.

Las Ponencias y Conferencias fueron expuestas por sus autores, destacados especialistas españoles y extranjeros, siendo toda la temática de alto nivel y motivo de preocupación a nivel mundial.

2. Siendo todos los temas de interés, a nuestros efectos tenía prioridad el conocimiento del impacto previsible que un clima cambiante puede tener en el desarrollo futuro de la agricultura.

ra. A tal fin, asistimos a la Conferencia objeto de este Informe, que encajaba en el Tema «Cambios climáticos a nivel mundial» y en el marco de la Ponencia «Intervención del hombre en el clima. El problema de la desertización», impartida por el Dr. D. Jesús Seco Santos, Catedrático de Física de la Tierra, Astronomía y Astrofísica, de la Universidad de Salamanca.

2. El Dr. Seco Santos expuso las preocupaciones surgidas al detectar y evaluar los efectos producidos por actuaciones del hombre y que inducen o pueden inducir a cambios climáticos del alto riesgo para el desarrollo de la vida en nuestro planeta. Se queman anualmente 10^{12} Kg. de materia orgánica (bien actual o procedente de productos fósiles) poniendo en peligro los niveles de posible recuperación de dicha materia bien por recursos renovables o agotamiento de los fósiles; la materia disponible es no obstante de 5×10^{18} Kg., pero hay recursos en regresión causados por la intensa deforestación y quemadas. Otras causas de preocupación son los balances de CO_2 , CH_4 y O_3 en la atmósfera. El anhídrido carbónico CO_2 de gran difusión en toda la atmósfera, aun en sitios muy alejados de los puntos más contaminantes, tiene importancia a efectos de energía recibida del Sol y energía devuelta y emitida por la Tierra (la primera de onda muy corta y la segunda de onda muy larga) lo que produce un calentamiento de la Tierra (efecto invernadero), no obstante ser aún relativamente baja la concentración de CO_2 en la atmósfera (300 p.p.m.). La disminución de la capa de ozono (O_3), «agujeros negros», es de efectos adversos ya que es la capa (situada a 24 Km. de la

Tierra) que absorbe los rayos ultravioleta, y su mayor destructor es el cloro (Cl^{\cdot}) presente en los fluoclorocarburos empleados en los «sprays», pero se ha demostrado recientemente que sus efectos no son tan graves como se creía y en definitiva no hay tal «agujero negro» sino una simple disminución de espesor de la capa envolvente de O_3 , que se observó en el Polo Sur y que pudo ser motivada por el efecto vórtice en dicho punto y parece que se ha restablecido el espesor de la capa. La presencia de metano (CH_4) es también nociva, procedente de fermentaciones de materia orgánica y que es preciso también controlar.

El ponente insistió en que estos planteamientos son consecuencia de rupturas de equilibrios y en la posibilidad, por parte del hombre, de contener y evitar las acciones que originan estos desequilibrios, haciendo hincapié en las necesidades de reforestación, parar las acciones destructoras e irreversibles de los grandes bosques de pluvisilva (tropicales, con especial mención a la Amazonia), moratoria de innovaciones tecnológicas posibles (pesticidas, grandes presas, etc.), control tecnológico de la contaminación (Protocolo de Montreal sobre contaminación atmosférica), concentraciones urbanas, etc.

4. El Prof. D. Juan J. Burgos, Ingeniero agrónomo, argentino, profesor del C.I.B.I.O.N. de Buenos Aires, Premio de la «Organización Meteorológica Internacional», impartió su muy relevante Conferencia en dos sesiones, una el 29 de enero en la sede de la Caja de Madrid, y la segunda, el día 2 de febrero en el Instituto Nacional de Meteorología (Ciudad Universitaria).

4.1. — Primera parte de la Conferencia.

El Prof. Burgos inició la exposición definiendo conceptos referentes a variaciones climáticas:

- **Clima:** Se ha pasado de un proceso estadístico a una interpretación como proceso dinámico, tendencias del tiempo y previsión de cambios transitorios y permanentes.

- **Sensibilidad profesional acerca de los cambios climáticos:** Se va marcando hoy con más nivel en disciplinas tales como Geología, Geomorfología, Antropología, Agronomía, Climatología, Historia.

- **Primeros estudios de cambios climáticos por efecto de actividades humanas:** Siguiendo postulados iniciales de Masch (1874) se fueron registrando efectos sobre bosques, aguas, arenas, cambios de paisaje, y en procesos muy intensos como los derivados del Canal de Panamá (al unir dos mares de distintas cotas), diversión de los ríos Nilo y Colorado, ajuste del nivel del Mar Caspio y otros de interés.

Para estudiar el medio y entorno, se hicieron referencias a situaciones históricas relativas a clima a lo largo de largos períodos que hoy pueden conocerse por restos de especies vegetales, animales y del hombre. La actividad del hombre se desarrolló cuando en parte de la Tierra se establecieron temperaturas medias del orden del 33°C . (Venus tiene $+450^{\circ}\text{C}$, Marte de 1° a $+5^{\circ}\text{C}$). en el período Holoceno (del Pleistoceno a nosotros dentro del Cuaternario), se creía que no había cambiado sensiblemente el clima, pero se ha demostrado que hubo un período alitérico, con aumento de $2,7^{\circ}\text{C}$ en Europa, con subida del nivel del mar de 120 m. Durante la Edad Media hubo un período cálido (colonización de Groenlandia), una corta «Edad de hielo» y una gran sequía, en el siglo XIII, en el centro y O. de la actual U.S.A., con un 40 % de la lluvia actual (se secó el río Colorado y decadencia del Imperio Maya). Las recientes sequías en el Sahel tienen un precedente en 1905.

Para relacionar la evolución histórica del hombre respecto a las alteraciones climáticas, el Prof. Burgos presentó gráficos sobre consumo de energía —población— y producción agrícola, distribuyéndose la población actual en 1.000 millones en países desarrollados y 3.000 millones en países en desarrollo y subdesarrollados, siendo el consumo de energía en proporción inversa a los dos bloques mencionados (3 a 1).

En el momento actual, se han evaluado los crecimientos, en la atmósfera, de los niveles de CO₂, CH₄ y clorofluocarbonados, y disminución de la capa de ozono. A su vez se han valorado las evoluciones de temperaturas, con aumentos de calor desde principios de siglo hasta 1940, descenso en los años 1960 y otra subida actual, y también se han registrado los cambios en precipitaciones. Se han estudiado fórmulas recorrentes estimando temperaturas desde 150.000 años atrás hasta nosotros, y valores de presencia de CO₂ en atmósfera (por oclusiones de este gas en los hielos de la Antártida) y los dos gráficos se corresponden casi exactamente: a mayor presencia de CO₂ mayor temperatura (efecto invernadero).

Para dar idea de las variaciones recientes, los contenidos en atmósfera, desde 1980 a 1990 han tenido incrementos de: CO₂, en + 50 %, CH₄, en + 12 %, N₂O en + 13 % y CFC_s, en + 25 %.

Modelos analógicos: Son estudios relacionando variación climática y vegetación actual y previsible futura, de enorme interés para conocer las posibilidades agrícolas en distintas zonas: disminución, aumento, traslación de posibles cultivos de unas zonas a otras. El conferenciante presentó modelos elaborados por el Prof. Manabe, de la Universidad de Princetown (U.S.A.), estudiando balances de energía, en superficie, y presencia de CO₂, pasando a balances tierra-atmósfera, modelos de convección (en altitud) y modelo general (América y mundial). Una cita muy preocupante sobre la Amazonia, donde en la selva la temperatura media es de 21°, y una vez destruida la cubierta vegetal alcanza los 45° C; hay previsiones de que, al ritmo actual, la vida de la jungla de la Amazonia puede ser sólo de 12 ó 15 años.

4.2.—Segunda parte de la Conferencia

La segunda Conferencia del Prof. Burgos, en fecha 2 de febrero, en el I.N.M., estuvo dirigida a profundizar en las consecuencias previsibles de los cambios climáticos en la flora natural o es-

pontánea y en la cultivada, pasando revista a los índices agroclimáticos hasta ahora utilizados, revisiones recientes y aportaciones propias del conferenciante, para llegar a modelos analógicos para hacer previsiones de futuro. Esta parte, por tanto, era del mayor interés para profundizar en el conocimiento del futuro de la agricultura. Los temas desarrollados fueron los siguientes:

A) Se han estudiado las fluctuaciones de clima y vegetación a lo largo de este siglo. Se sabe ahora que la actividad humana puede hacer variar el clima. Los síntomas son que se van a acusar los daños en el año 2010. Según el modelo de Giss, que estudia las temperaturas a 2020 y 2050 prevé un aumento de temperatura media, en general de + 4° C y en consecuencia unos índices de aridez, que han sido aceptados por la N.A.S.A.

Se prevén grandes zonas de aumento de aridez y menores de aumento de humedad.

B) Se pueden utilizar algunas analogías clima-vegetación, y en el sistema climático los balances de energía y balances de masas (agua, gases, etc.).

El Balance de energía engloba: balance de radiación, balance de energía en estratos de vegetación, energía en tránsito (caso de alta vegetación, pluvisilva) y balance de agua. El conferenciante aportó ejemplos. En cuanto a masa presentó valoraciones de producción de materia seca por Ha., y como ejemplos en la Pampa argentina es de 5 a 10 Tm./Ha. x año y en Amazonia 50 a 60 Tm./Ha. x año, y su relación con la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo.

C) Modelos empíricos de la distribución natural y clima.

Se pasó revista a los modelos más conocidos, relacionando al principio precipitación y temperatura, más tarde se introdujo el concepto y cálculo de la evapotranspiración y posteriormente los balances de radiación. Los más conocidos y utilizados han sido:

Köpen (1900-1938), De Martonne (1926), Wang (1941), Gauser (1954), Walter y Lieth (1961), Crowter (introduciendo cálculos de escurrimiento), Holdrige (iniciado el cálculo de evapotranspiración), Wtaker, Lang, Thornwaite (1931), Thornwaite y Hare (introducen balance de agua y evapotranspiración potencial), Budyko (1948-51, relaciona balance de radiación y precipitación), Burgos y Maroma (utilizan evaporación real, exceso y déficit de agua en suelo, 1959-1982).

D) De acuerdo con el modelo propio Burgos-Maroma, el conferenciante estableció 11 Tipos de Vegetación (aunque en Argentina podrían establecerse 80-90 Tipos), desde Bosque higrofitico a páramo y desierto. Refirió también los estudios llevado a cabo por él mismo y su equipo comparando los resultados en Argentina, según los modelos empíricos antes referidos, llegando a las conclusiones de que el método de Köpen no daba resultados satisfactorios, y un estudio más completo, con datos de 2.000 estaciones, según los modelos Lang (1915), Köpen (1931) y Withker (1970) descubrió grandes errores, sin embargo el método Thornwaite daba un 50 % de aciertos.

Un mapa comparativo y de situación en la localización de tipos de vegetación ha sido elaborado, para Sudamérica, por Liebert-Hueke y otro para Africa por Griffith.

Trabajos recientes han sido los de Prescott (australiano, utilizando evaporímetros y déficit en suelo), Papadakis (argentino, haciendo uso del déficit de saturación), Penman (con balance de energía), Slatter, Morex, Evans. Wiesmeyer (con cálculo de esorrentías), etc.

En el coloquio que siguió a esta primera parte, suscitamos al Prof. Burgos varias preguntas y opiniones sobre los modelos que utilizamos en Agricultura, tales como Thornwaite, con cálculo de evapotranspiración potencial, las modificaciones introducidas por Bradley-Cridle y en algunos casos el método Penman, cuando los déficits de agua son mayores que los estudiados en

los otros métodos, con resultados favorables. Asimismo hicimos mención al Mapa Agroclimático, elaborado por la D. G. de Producción, en suelo cultivado, según Turc, en secano y regadío. El Prof. Burgos se interesó en estos trabajos e indicó la conveniencia de estudiar condicionamientos especie a especie (trigo, avena, arroz, etc.).

E) Sistema modelo de recursos para Potencial económico.

Trabajo elaborado por el conferenciante, siguiendo en parte ideas del Prof. Celianino (ruso, 1939), estableciendo un Cuadro de doble entrada, por un lado Recursos estables (sol, luna), cuasi estables (atmósfera), percederos (minería) y por otro Recursos naturales y artificiales, de cuya consideración establecía las distintas tipologías.

I. *Regiones forestales*

— Evapotranspiración 450-500 mm. Balance de radiación 27-30 K. cal. cm⁻² año⁻¹: No forestales.

— Evapotranspiración 450-500 mm: Forestales o Forestables.

II. *Regiones agrícolas*

— Período libre de heladas < 150 días. Clima no agrícola o agricultura no económica.

— Según los déficits de agua anual o periódicos, temperaturas, medias del mes más frío y temperatura mínima absoluta anual, establece los siguientes tipos:

Climas agrícolas con riego

Climas agrícolas sin riego o riego complementario

- Agricultura de clima templado
- Agricultura de clima subtropical o de cosecha estival

- Agricultura subtropical de cosecha invernal.

III. *Regiones ganaderas*

A) *Zonas de bienestar animal*

En función de las temperaturas medias anuales, según que en latitudes intertropicales sean \geq a 22° C y en las subtropicales \geq a 26° C establece los tipos

- Ganadería tropical
- Ganadería de clima templado.
 - En latitudes medias, según que la temperatura media del mes más cálido es $< 26^{\circ}$ C y en el mes más frío $> 5^{\circ}$ C.
- Ganadería de clima templado sin estabulación por frío
 - En el caso de t.m. mes más frío $< 5^{\circ}$ C.
- Ganadería de clima templado con estabulación por frío.

B) *Zonas pastoriles*

— Define, según Índice de humedad (Thornwaite), los tipos de vegetación natural aptas para pastoreo permanente: selva y bosque, bosque, pradera, permanentes, bosque xerofítico (chapparral).

— Zonas con aprovechamiento pastoril estacional.

— Calidades de pastos y alimentación complementaria, en función las primeras de suelos de ninguna o poca lixiviación (pastoreo normal) o con lixiviación notable, 400-600 mm. de exceso de agua anual (se precisa alimentación complementaria regular).

C) *Regiones para desarrollo industrial*

Una región industrial debe ser también agrícola y puede ser forestal. El clima óptimo para el hombre, para un mejor trabajo físico e intelectual, es el de temperaturas entre $15-18^{\circ}$ C.

El conferenciante explicó a continuación sus conclusiones en Mapas de Argentina en los que se reflejaba:

- Cuencas de alta energía potencial.
- Climas de bienestar humano (ampliado a toda América del Sur, con grandes áreas con problemas, y por tanto no adecuadas a etapas de desarrollo económico).
- Situaciones en Argentina óptimas para agricultura, ganadería e industria. Límites para correcta utilización de vacuno de razas tropicales (isotermas de 26° C), se calcula que las previsiones de cambio de clima cada año se desplazarán unos 100 Km.
- Previsiones de variación de índices de temperatura y humedad en los años 1990, 2010 y 2060, reflejando fuertes desplazamientos de las zonas aptas para agricultura, ganadería e industria.

5. Conclusiones

Según lo expuesto, constituye una fuerte preocupación a nivel mundial el impacto de las previsible variaciones climáticas sobre la vegetación natural y posibilidades agrícolas y ganaderas, además del cambio para el hábitat confortable para el hombre y, en suma, sobre las consecuencias en el futuro bienestar y capacidad productiva. Los modelos analógicos van teniendo mayor consideración por parte de los científicos, y la previsión, que no significa que inevitablemente ocurra, de un aumento sobre la temperatura media actual en $+4^{\circ}$ C, a niveles de los años 2010-2020, significaría un rotundo cambio en las áreas productivas actuales.

Se debe insistir en la evaluación de los efectos que las actividades humanas produce en las variaciones climáticas y tratar de reducirlas y si es posible excluirlas.

Además de dar a conocer mejor estos factores que influyen en un cierto futuro, la conferencia

ha aportado, para las áreas de producción agrícola, ganadera y forestal, muy interesantes criterios de evaluación de posibilidades y ha reforzado el interés en insistir en el mejor conocimiento de la evaluación de los factores agroclimáticos condicionantes de nuestras producciones.