

Met. Andrés C. Ravelo

La evolución de la Agrometeorología hacia el siglo XXI

**Señores Presidentes,
Señoras y Señores:**

Sean estas mis primeras palabras para agradecer, conmovido, el honor que acaba de conferírseme al ser designado Académico Correspondiente de la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria, ilustre cuerpo de la Ciencia Argentina. También las palabras del Ing. Agr. Burgos, mi padrino académico, dictadas por los llamados del corazón y la amistad.

La Agrometeorología podría definirse como una ciencia híbrida resultado de la fusión de la Agricultura y

la Meteorología. Su esencia misma la constituye en una ciencia multidisciplinaria cuyos objetivos se encuentran enfocados al aumento de la producción de alimentos y a su vez, a preservar los recursos naturales en el marco de una agricultura sustentable. Se trata de una ciencia relativamente nueva cuyos primeros pasos fueron dados a principio de siglo con los trabajos de Paul Klein (1914) en Francia en su tratado *Meteorologie Agricole* (Figura 1).

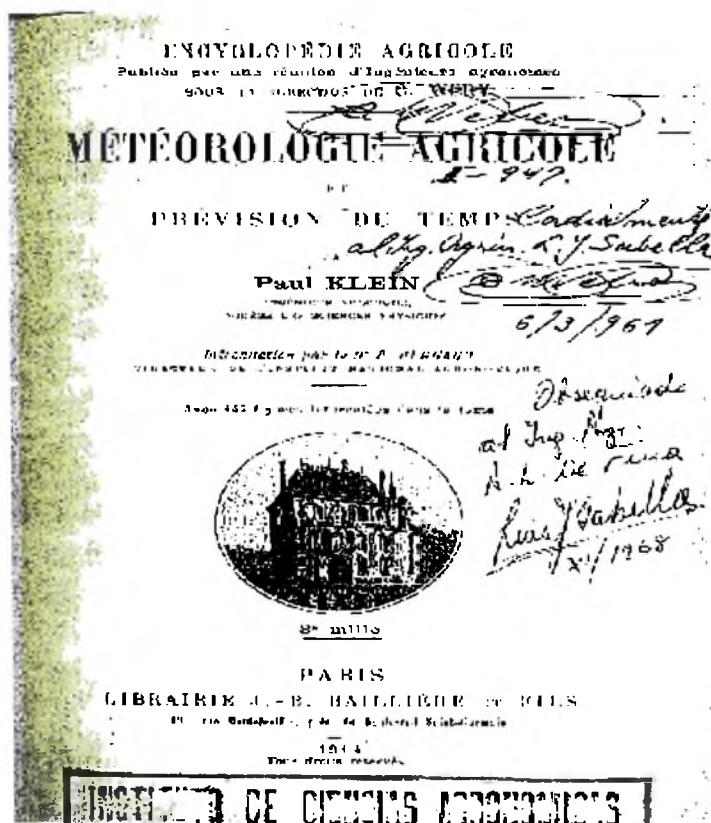


Figura 1. Portada del libro de Paul Klein (1914) con manuscritos indicando transferencias del mismo a ilustres agrometeorólogos argentinos.

En 1928, la obra de Klein fue traducida al español apareciendo con el título de Meteorología y Física Agrícola ya que el término Agrometeorología aún no había sido acuñado. Como consecuencia de la Primera Guerra Mundial, se produjeron importantes avances en las observaciones meteorológicas y su análisis, dado que esta información era requerida para la navegación aérea y las operaciones militares. Hacia ese entonces, la aparición de la "telefonía sin hilos" y de los aparatos receptores a precios accesibles permitió la difusión masiva de las informaciones meteorológicas como un servicio para, entre otros, los productores agrícolas.

El desarrollo de los trabajos en Agrometeorología continuaron y se expandieron a numerosos países y es así que en 1963, se publicó una revisión bibliográfica de los aportes específicos en las áreas de Bioclimatología, Fenología y Agrometeorología, los cuales superaron las 10.000 citas a nivel mundial. La Agrometeorología quedó establecida como una ciencia, a través de los numerosos aportes científicos y técnicos dirigidos al aumento de la productividad agrícola y ganadera.

En nuestro país, hacia 1938, el Ing. Agr. Armando L. De Fina comenzó en la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Plata con una experimentación a campo que él denominó ensayo ecológico de 12 cultivares de lino. Durante más de 25 años se continuaron los ensayos y las observaciones realizadas en los mismos fueron relacionadas con las condiciones ambientales, principalmente, variables climáticas. Como resultado de dichos estudios se publicaron 11 trabajos y algunos de ellos constituyeron las tesis de egresados de dicha facultad. Asimismo, se establecieron las bases de las

observaciones fenológicas y fenométricas para el lino, las cuales serían luego adaptadas para otros cultivos. Es de destacar la minuciosidad, característica sobresaliente del Ing. Agr. De Fina, en definir cada uno de los procedimientos observacionales. También se agregaron observaciones complementarias de suelo, plagas y enfermedades. Los componentes del rendimiento fueron registrados en todos sus detalles, incluyendo los valores comerciales e industriales del grano. Hacia 1944, De Fina amplió su espectro de cobertura agrícola y desarrolló un método observacional para 18 cultivos índices para determinar la aptitud agrícola de un lugar. Durante más de 30 años, con un duro esfuerzo por parte de los técnicos del aquel entonces Instituto de Suelos y Agrotécnica se realizaron relevamientos en más de 2300 localidades del país, para las cuales se determinó su aptitud para el cultivo de las plantas índices. Estos trabajos del Ing. Agr. De Fina, pioneros en la determinación de las exigencias agroclimáticas, fueron seguidos en la segunda mitad de este siglo por otros de destacados autores, entre los que sobresalen los trabajos del Ing. Agr. Juan J. Burgos en la determinación de las exigencias agroclimáticas de la palma datilera, papa simiente y cacao; los trabajos de los Ings. Agrs. Antonio J. Pascale y Edmundo A. Damario en trigo y los del Ing. Agr. Pascale en soja, por citar sólo algunos ejemplos.

En otras áreas de la Agroclimatología cabe mencionar los trabajos relevantes del Ing. Agr. Burgos en heladas, del Ing. Agr. René Ledesma en observaciones fenológicas en plantas perennes. Merecen mención especial las contribuciones del Ing. Agr. Damario en cartografía agroclimática y desarrollo de métodos de estimación de variables bioclimáticas.

En los últimos 20 años se ha producido un número importante de contribuciones en Agrometeorología por parte de una nueva generación de agrometeorólogos argentinos, resultado de la escuela que dejaron establecidas las enseñanzas de los profesores pioneros mencionados precedentemente. Dichas contribuciones incursionaron en los aspectos bioclimáticos y agroclimáticos de numerosos cultivos, tales como maíz, sorgo, colza, maní y trigo para citar sólo algunos. Entre otras actividades cabe mencionar, los trabajos en evapotranspiración y balance hídrico, sequías, cambios climáticos, modelos de simulación de respuestas fenológicas y fenométricas de varios cultivos de relevancia en la región pampeana. Algunos de estos modelos se encuentran en estado operativo y son usados periódicamente para estimar rendimientos. Todas estas contribuciones se encontraron reflejadas en las reuniones periódicas llevadas a cabo por la Asociación Argentina de Agrometeorología, las cuales sirvieron para afianzar los lazos de fraternidad entre los agrometeorólogos argentinos. En la última de estas reuniones, y siguiendo con el espíritu de reducción de las fronteras geográficas, se amplió el ámbito de cobertura de esas reuniones a nuestros colegas de Latino América y se establecieron las bases para una asociación latinoamericana.

En cuanto a la repercusión económica de las investigaciones agroclimáticas cabe destacar la zonificación agroecológica del trigo y la soja como cultivos prioritarios de la pradera pampeana, la cual ha representado un avance significativo en la seguridad de cosecha y el aumento de la producción de granos. El espectacular aumento del área sembrada con soja, el

cual fue acompañado por mejores rendimientos, estuvo posibilitado por los estudios de adaptación agroclimática.

En algunas áreas de la Bioclimatología animal también se produjeron aportes significativos aunque dada la importancia del sector pecuario de nuestro país queda un largo camino por recorrer.

Desde el punto de vista institucional, en varias Facultades de Agronomía del país se encuentran importantes grupos de investigadores en diversas áreas del conocimiento agroclimático. El INTA, a través del Instituto de Clima y Agua, posee un grupo de técnicos destacados en actividades de investigación y extensión en Agrometeorología.

En cuanto a las actividades agrometeorológicas de los próximos años, queda por incursionar en las posibles proyecciones de la Agrometeorología pura o en interrelación con las otras ciencias. En primer lugar se deben identificar cuáles serán las fuentes de información disponibles para los estudios agroclimáticos. Si consideramos el continuo desarrollo de mejores y más completas estaciones agrometeorológicas asociadas a comunicaciones más rápidas y eficientes, como por ejemplo las estaciones telemétricas (VHF o satelital) se concluye que se podrá disponer de datos en tiempo y forma adecuados (Figura 2). Dichas estaciones estarán integradas en red y coordinadas por centros de cómputo contribuyendo al desarrollo de bases de datos actualizados y disponibles en tiempo real. Tanto la información agrometeorológica como productos derivados de ella (pronósticos, estimaciones de rendimientos, etc.) se encontrarán disponibles para los usuarios a través de medios computarizados de comunicación. Actualmente, el Servicio

Meteorológico de Estados Unidos coloca en Internet un volumen extraordinario de información de toda índole a

nivel mundial. Estos servicios se expandirán considerablemente en nuestro medio en un futuro cercano.



Figura 2. Estación agrometeorológica telemétrica con enlace via satelital al centro de análisis.

CUADRO 1. LANZAMIENTO DE SATELITES DE OBSERVACION TERRESTRE PARA EL PERIODO 1995 - 2004

PAISES	AGENCIA/ STATUS	PROGRAMA	FECHA DE LANZAMIENTO	SENSOR	RESOLUCION EN METROS			N°de Bandas
					P	M	R	
FRANCIA	G/O	Spot 5B	2004	P y M	5	10		4
E.E.U.U.	G/O	EOS AM-2/L-8	2004	P y M	10	30		7
FRANCIA	G/O	Spot 5A	1999	P y M	5	10		4
INDIA	G/O	IRS - 1D	1999	P y M	10	20		4
E.E.U.U.	C/O	Space Imaging	1998	P y M	1	4		4
COREA	G/O	KOMSAT	1998	P y M	10	10		3
E.E.U.U./JAPON	G/O	EOS AM-1	1998	M	15	15		14
E.E.U.U.	G/O	Landsat-7	1998	P y M	15	30		7
ESA	G/O	ENVISAT	1998	R			30	0
E.E.U.U.	C/O	Space Imaging	1997	P y M	1	4		4
E.E.U.U.	C/O	Eyeglass	1997	P	1			
FRANCIA	G/O	Spot 4	1997	P y M	10	20		4
E.E.U.U.	C/O	Earth Watch	1997	P y M	1	4		4
E.E.U.U.	C/O	Earth Watch	1996	P y M	3	15		3
E.E.U.U.	G/E	CTA Clarck	1996	P y M	3	15		3
E.E.U.U.	G/E	TRW Lewis	1996	P y M	5	30		384
RUSIA	G/O	Almaz 2	1996	R			5	
JAPON	G/O	ADEOS	1996	P y M	8	15		4
CHINA/BRASIL	G/O	CBERS	1996	P y M	20	20		7
CANADA	G/O	Radarsat	1995	R			9	
INDIA	G/O	IRS-1 C	1995	P y M	10	20		4
CHINA/BRASIL	G/O	CBERS	1995	P y M	20	20		7
RUSIA	G/O	Resours-02	1995	M		27		3

Multiespectral: M

Pan y Multiespectral: P y M

Pancromático: P

M

P y M

P

Radar: R

Gubernamental: G

Comercial: C

R

G

C

Operacional: O

Experimental: E

O

E

Otra fuente importante de información son los satélites meteorológicos (NOAA, GOES, METEOSAT, etc.), de recursos naturales (LANDSAT, SPOT, etc.) y otros ya en órbita o por ser lanzados próximamente (Cuadro 1).

Hace sólo unos pocos años atrás, las computadoras estaban restringidas a grupos selectos de investigación y administrativos. Actualmente, la disponibilidad de computadoras personales de una capacidad varias veces superior a las enormes computadoras de la década del ochenta, está ampliamente difundida en todos los ámbitos de la investigación científica. La tendencia en el desarrollo de las computadoras personales es netamente positivo y el enorme

volumen de información provisto por las dos fuentes mencionadas precedentemente podrá ser procesado por computadoras cada vez más veloces y de mayor capacidad.

Algunas áreas de aplicación y de supervisión rutinaria serán: la identificación de incendios, la determinación de la temperatura y radiación con cobertura espacial completa a escalas macro y micrometeorológicas, la evolución de las pasturas y los cultivos a nivel de pequeñas y grandes extensiones de terreno, la cuantificación de la existencia ganadera, la supervisión minuciosa de eventos de fuerte impacto en las actividades rurales como son las sequías y las inundaciones (Figura 3), la estimación de las precipitaciones a escala global, etc.

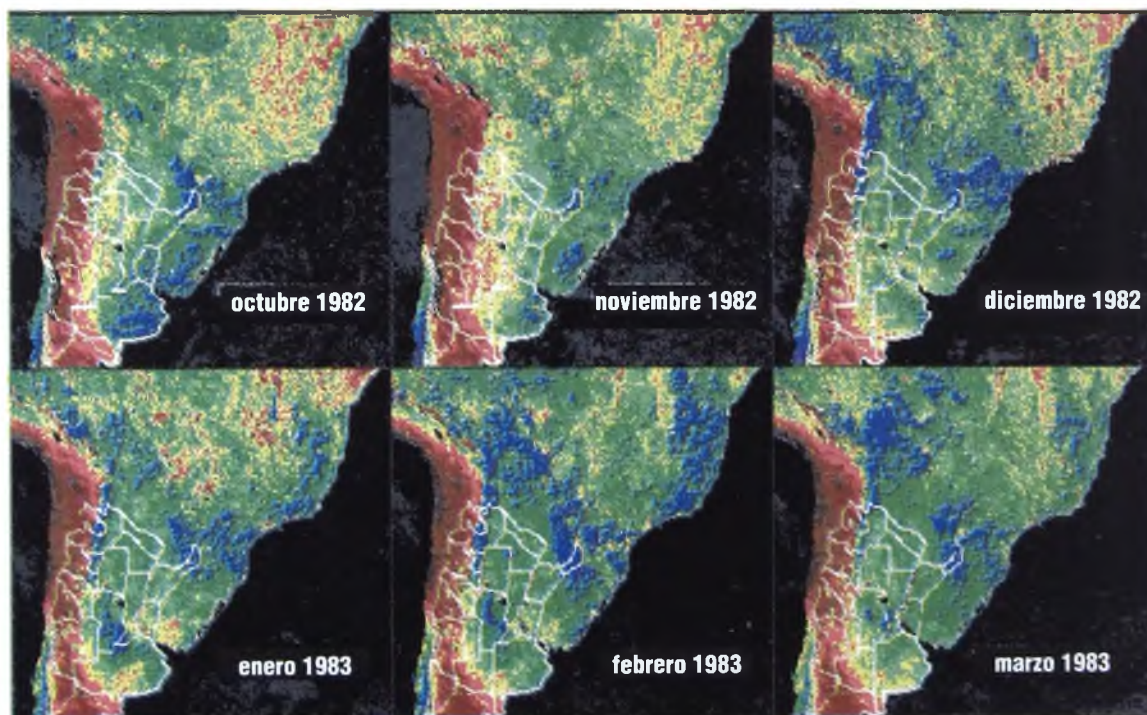


Figura 3. La ocurrencia de El Niño en 1982/83 causó inundaciones y excesos hídricos (zonas azules) en numerosas regiones de nuestro país las cuales fueron identificadas por el índice verde (NDVI).

La lista podría continuarse mucho más si a las aplicaciones les agregamos la colaboración de otros especialistas en las ciencias del suelo, geográficas, de teledetección, etc. Así veríamos el desarrollo de metodologías conducentes a:

- Una zonificación multivariada de cultivos. Es decir aquella en la cual, además del clima y suelo como determinantes de la mejor ubicación geográfica del cultivo, se considera, entre otros, a los factores socio-económicos y estratégicos al momento de decidir la recomendación de uno u otro cultivo para dicha zona.

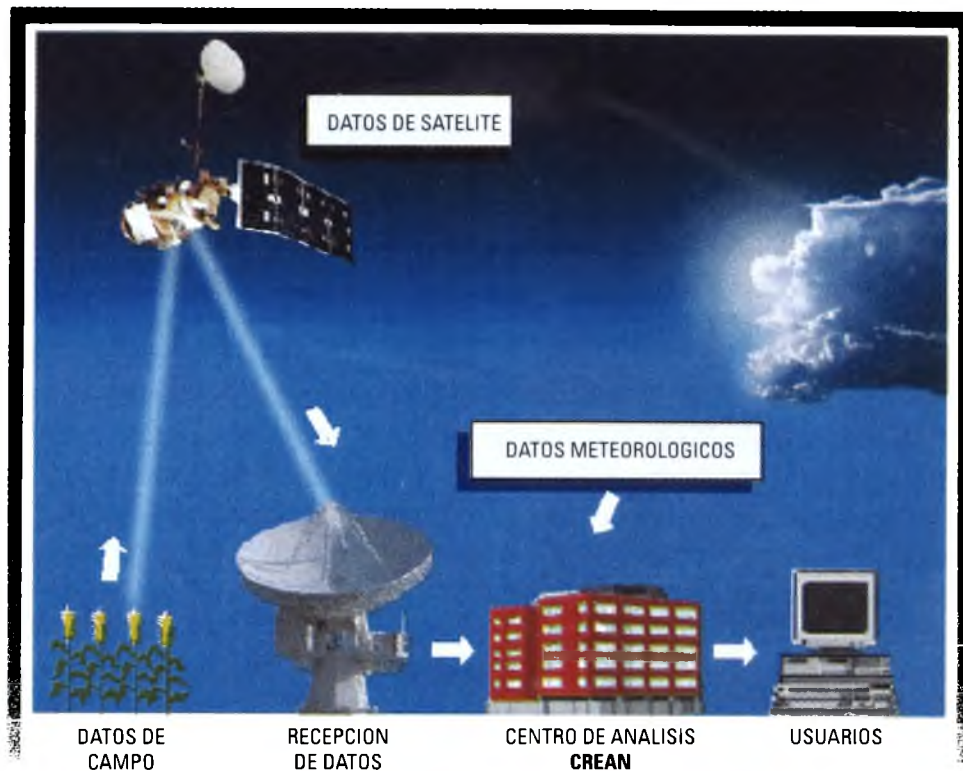
- Prácticas de manejo integral del establecimiento rural, enmarcadas en la ahora conocida como agricultura de precisión. En dichas prácticas se consideran muy especialmente a las variaciones micrometeorológicas.

- Modelos complejos para la evaluación de microambientes. La utilización de modelos de elevación, en los cuales la exposición y la pendiente son

factores del clima del lugar, permitirán un análisis más preciso de las condiciones agroclimáticas.

Para el logro de algunos de los resultados mencionados, se cuenta actualmente con poderosas herramientas de análisis tales como los sistemas de información geográfica y los modelos de simulación. Estas herramientas se encuentran en continua evolución hacia sistemas más sofisticados de análisis, las cuales permitirán la realización de estudios más complejos. Así, por ejemplo, en el Centro de Relevamiento de Recursos Agrícolas y Naturales (CREAN) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba se realiza la integración de información satelital y terrestre para la identificación y evaluación de procesos biofísicos de relevancia en las actividades agropecuarias. Se hace especial énfasis en la estimación de la productividad agrícola, relevamiento de condiciones macro y meso agrometeorológicas para el centro del país y zonificación agroclimática de cultivos agrícolas y especies forestales (Figura 4).

Figura 4. Flujo de la información satelital y meteorológica en el CREAN.



En otra faceta, no menos importante de las actividades agrometeorológicas, cabe destacar la formación de recursos humanos en programas conducentes a la obtención de títulos de postgrado a nivel de Magister y Doctorados. La Facultad de Agronomía de la Universidad de Buenos Aires lanzó su primer programa de Magister en Meteorología Agrícola a comienzos de la presente década y actualmente se encuentra en la finalización de su tercer ciclo. En la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba se inauguró el primer programa del Magister en Agrometeo-

rología en 1995, el cual también se encuentra en la etapa final del primer ciclo y la apertura de cursos a nivel de doctorado en 1997. Estos programas tendrán un efecto multiplicador en la generación de nuevos agrometeorólogos.

Como cierre de esta presentación, deseo compartir la distinción, con la cual me honra la Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria de incorporarme entre sus miembros, con quienes han sido mis maestros desde mis primeros pasos en la especialidad: los Profesores Antonio J. Pascale y Edmundo A. Damario. A ellos mi sincero agradecimiento.