



**“Todas las verdades son fáciles de entender, una descubiertas, El caso es descubrirla” Galileo Galilei**

## **AGROMETEOROLOGÍA, LA IMPORTANCIA DE SU DESARROLLO TÉCNICO Y LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y COOPERACIÓN INTERNACIONAL**



## INTRODUCCIÓN

La eficacia de la producción de alimentos depende principalmente de ciertos factores como la clase de semilla, la naturaleza del suelo, la actividad del hombre y el clima.

Por tanto, el estudio del clima es una variable clave, por cuanto contribuye a posibilitar el mejor aprovechamiento de los recursos brindados por la Naturaleza.

Considerando que la explotación agropecuaria moderna es cada vez más una operación compleja y de gran escala, su mantenimiento y su incremento requieren, entre otras, decisiones basadas sobre la mejor información climática que sea posible.

**La humanidad se ocupó del tiempo meteorológico desde que empezó a cultivar la tierra y a domesticar animales, pero desde hace relativamente poco tiempo ha empezado la Agrometeorología a aquilatar el papel que representa en la producción de alimentos<sup>1</sup>.**

**En consecuencia, el desarrollo de la investigación y la producción de información meteorológica aplicada a la producción agropecuaria, trasciende el interés individual del productor. Las políticas agrometeorológicas nacionales y regionales, deben transformarse en un objetivo de los gobiernos, por el impacto que la producción agropecuaria tiene no sólo en la economía- en términos del PBI- sino también en la alimentación de la población.**

Nosotros como actores políticos, estamos llamados a desempeñar un rol fundamental en las decisiones y en favorecer dotación de recursos para esta actividad, formación de técnicos en el área y desarrollo de sistemas agrometeorológicos regionales a través de la cooperación entre nuestros países.

En consecuencia, entendemos que encuentros como el que nos convoca permite ponernos en camino hacia ese objetivo. Nuestro desafío será impulsar con voluntad política la aplicación práctica de las conclusiones a las que arribemos.

En el desarrollo de nuestra intervención, vamos apoyarnos en algunas breves consideraciones de carácter técnico para poner en contexto la importancia política de la Agrometeorología.

José Carlos Cardoso.  
Presidente de la Comisión de  
Agricultura, Ganadería y Pesca

---

<sup>1</sup> Tal vez uno de los primeros estudios llevados a cabo en este sector de la meteorología aplicada fue una comparación cuidadosa de las necesidades de agua en las plantas cultivadas, hecha por Lawes, en sus experimentos en Rothamsted, Inglaterra, en 1848.



## LA IMPORTANCIA DE LA AGROMETEOROLOGÍA.



**Asentamiento territorial y desarrollo tecnológico son dos factores que fueron determinando la condición del HOMBRE COMO AGENTE PRODUCTOR Y MODIFICADOR DE LAS CONDICIONES NATURALES.**

Hace mucho tiempo que el hombre ha dejado de depender totalmente de la naturaleza para la producción de sus alimentos; en realidad ha modificado o recreado la mayoría de los países del mundo. Impuso a la tierra una cierta utilización del suelo y al proceder así ha cambiado el aspecto de aquella y al mismo tiempo ha modificado el clima, ya que el clima de una región determinada depende en gran parte de la naturaleza de la superficie.

Ha transformado de manera más particular a los animales salvajes en animales domésticos y a las plantas silvestres en plantas cultivadas. Asimismo, la reproducción selectiva de plantas y animales exige experiencias innumerables para su adaptación al clima local. El análisis de los resultados de estas experiencias implica siempre la evaluación de las condiciones que reinaban en el curso de los experimentos, pues la variación del tiempo de una época a otra o de un lugar a otro ejerce frecuentemente un efecto mayor sobre el rendimiento o la calidad que la diferencia entre las variedades que son objeto de las experiencias

**Tanto en el plano regional como en el nacional o en el individual la cuestión es siempre la misma; se trata de utilizar la tierra escogiendo las labores agropecuarias más adecuadas al clima, al suelo y a las necesidades del país y la población.**

## **LA IMPORTANCIA DE LA AGROMETEOROLOGÍA.**

En este orden de consideraciones, la Agrometeorología o Meteorología Agrícola cobra notoria relevancia en el esquema productivo, dado que se ocupa de la interacción entre los elementos meteorológicos y la agricultura en el sentido más amplio, incluyendo la horticultura, ganadería y forestación.

Habida cuenta que su objetivo es analizar y definir los sucesos meteorológicos y aplicar los conocimientos del clima a usos prácticos en la agricultura, esta disciplina proporciona al productor agropecuario información relevante para mejorar la producción agropecuaria, tanto en cantidad como en calidad.

Sus campos de interés se extienden desde la atmósfera hasta las raíces más profundas de árboles y plantas. Además del clima natural la Agrometeorología también se ocupa de evaluar las modificaciones artificiales del medio ambiente, como las producidas por barreras de resguardo contra el viento, irrigación, riesgo de inundaciones, etc.

Entre los problemas a largo plazo de que se ocupa la Agrometeorología o Meteorología Agrícola, figuran entre otras cuestiones: selección de cultivos o variedades de animales, los métodos más adecuados para la producción.

Entre los problemas tácticos a corto plazo figuran todas las labores de cultivo, la protección contra las inclemencias del tiempo, las plagas y enfermedades.

**En todos los aspectos del trabajo agropecuario interviene el factor meteorológico que ha de ser valorado correctamente, cuando se tiene que tomar una decisión o asesorar en un problema. La ayuda del agrometeorólogo es necesaria en todos los países y a lo largo de todos los días de todo el año.**

**También debe atenderse el estudio agrometeorológico cuando se trata de recomendar cierta región para la introducción de nuevas variedades de plantas o para determinar las semillas que mejor se adapten a las diferentes zonas climáticas y puedan dar los más altos rendimientos.**

**Es necesario disponer de especialistas en Agrometeorología para interpretar los datos climatológicos y en este sentido los servicios que puede prestar esta disciplina son esenciales, ya que deberán evaluarse los posibles efectos de los cambios en el aprovechamiento de las tierra.**

### **LA INCIDENCIA DEL CLIMA EN:**

#### **Suelos:**



La erosión es un factor importante en la determinación de la naturaleza de un suelo. El clima y el tiempo afectan las propiedades químicas, físicas y mecánicas del suelo, los organismos que contiene y su capacidad para retener una humedad o una temperatura dada. La lluvia, por otra parte, agrega constituyentes químicos al suelo, pero también se lleva sustancias del mismo

El problema mundial de la erosión, su existencia y su extensión está determinado grandemente por factores de tiempo locales. El estado del suelo en cuanto a los efectos sobre el cultivo, control de plagas y cosecha esta muy influido por las condiciones del tiempo.

#### **Plantas:**



La planta se ve afectada en cada etapa de su crecimiento por las condiciones ambientales. La influencia del tiempo se extiende más aún antes de la plantación y después de la cosecha.

**La calidad de la siembra de semillas depende de las condiciones meteorológicas durante el año en que han sido producidas y aun durante años previos. Operaciones posteriores a la cosecha, tales como secado del grano y otros cultivos, están sujetas también a los factores climáticos.**

**Los factores climáticos están asociados también con el peligro potencial de fuego en pastos y bosques así como en la defensa contra el mismo.**

**En cualquier región las variaciones de peligrosidad del riesgo de incendio dependen casi enteramente del tiempo atmosférico**

### **Producción animal:**

El clima afecta también a los animales a través de los cultivos mediante los que son alimentados y sobre los que se les mantiene.



**El clima afecta su alimentación, su crecimiento, su fecundidad y salud, su distribución geográfica, el rendimiento y la calidad de los productos animales, la preparación de estos productos y su capacidad de almacenamiento y transporte.**

### **Enfermedades y plagas de cultivos y animales:**

Aquí el efecto del clima es triple:

- 1) Ejerce influencia en la susceptibilidad de las plantas y los animales a los ataques de plagas y enfermedades.
- 2) Influye en la biología de los insectos y los organismos enfermos, y entonces afecta la naturaleza, número y actividad de las plagas, así como la extensión y la virulencia de las enfermedades.
- 3) Impacta sobre la regulación y la afectividad de las medidas de control y sobre la cantidad tóxica de residuos rociados sobre cultivos cosechados.

### **Agentes contaminantes:**

Las prácticas agrícolas pueden crear agentes contaminantes, pero los mayores contaminantes son los insecticidas y herbicidas orgánicos que se utilizan en la agricultura.

En realidad, estos contaminantes ejercen una acción recíproca con las fuentes naturales puesto que una erupción de fitopatógenos (por ejemplo, la roya de trigo, o el tizón del maíz) puede ser la causa de un aumento en el empleo de productos químicos para su tratamiento. Como consecuencia del contacto directo de los agentes de contaminación en suspensión en el aire o del depósito en la planta de productos químicos, estos pueden dañar en marcas poco aparentes que reducen su valor comercial o su rendimiento.



**Tales problemas están adquiriendo una importancia fundamental tanto para los países como para la Humanidad en su conjunto.**

**El objetivo práctico en el mundo de hoy consiste en la planificación para el futuro del uso de la tierra, agricultura, industrias, transporte y conservación del medio ambiente humano.**

**Es por lo tanto esencial prestar atención a las potencialidades de la aplicación de la Agrometeorología para tales propósitos.**

### **Construcciones agrícolas, equipos y modificaciones artificiales:**

Las condiciones climáticas tienen que tomarse en cuenta para:

- 1- La planificación de la construcción agrícola, particularmente en el diseño para el alojamiento de animales y espacios de almacenamiento para productos agrícolas.
- 2- La selección, mantenimiento y mejor empleo de la maquinaria agrícola.
- 3- Modificaciones artificiales: irrigación, cercado, barreras protectoras, almacenamiento y conservación del agua que tienen influencia en ciertos aspectos del medio ambiente local, tales como humedad del suelo, velocidad del viento y humedad atmosférica:



**La imposición, tanto en cantidad como en calidad, de cambios climáticos debidos a la actividad del hombre es una de las tareas importantes de la investigación agrometeorológica.**

### **También en la producción de energía.**

En los últimos años el hombre ha desarrollado y mejorado las formas de convertir la radiación solar en energía utilizable. La utilización de la energía solar, es función de la radiación solar incidente y a su vez, dicha radiación está ligada con factores meteorológicos.

La radiación solar y el viento son fuentes naturales de energía. Sin embargo, su utilidad está limitada de manera directa por el clima.



**Hay muchas formas por las que la humanidad puede influir en el balance térmico de la tierra y una en la que se ha trabajado al máximo, es en la alteración de las configuraciones de la vegetación.**

**Cuando se tala un bosque para convertirlo en una pradera o en un triguero por ejemplo, el resultado será una zona que refleja generalmente más luz solar, puesto que las mieses y la hierba usualmente absorben menos que los árboles.**

Estos cambios en la radiación solar absorbida por la superficie deben tener efecto en el balance térmico y en el clima de una región, influyendo en los parámetros meteorológicos.



## LA AGROMETOROLOGÍA: SU VALOR ESTRATÉGICO PARA URUGUAY





## URUGUAY

Para nuestro país la actividad agropecuaria tiene un peso importante en su economía, por tanto su potencial de desarrollo es resultado de la interacción de condiciones del mercado y de factores climáticos.

Considerando la materia que nos ocupa, corresponde entonces analizar cómo la ubicación geográfica incide en la producción agropecuaria.

### **Características climatológicas del país.**

Uruguay se sitúa en la región templada del SE de Sudamérica. Cuenta con una extensión territorial de alrededor de 176.000 km<sup>2</sup>. El clima existente es templado, con predominio de vientos del NE, con períodos definidos de invierno y verano y estaciones intermedias. Las precipitaciones del país se caracterizan por su irregularidad y variabilidad interanual.

El país tiene ciertos factores geográficos o de ubicación, que están condicionando el grado de vulnerabilidad. Los riesgos naturales están fundamentalmente vinculados a eventos climáticos. Si bien no se ha podido atribuir a alguna causa, recientes estudios muestran que se están verificando cambios en el clima y el medio ambiente costero. Parte del país está localizado sobre el Río de la Plata - un sistema de gran variabilidad natural – aguas abajo de su extensa cuenca, donde recibe el impacto de las actividades y obras desarrolladas en diversas partes de la misma.

Asimismo, está sujeto a los efectos de las complejas interacciones océano - tierra - atmósfera en el Atlántico Sudoccidental, donde desemboca el Río de la Plata y confluyen las corrientes de Malvinas y Brasil

**Aunque las sociedades y los ecosistemas han evolucionado a través de los siglos para adaptarse al clima, es posible que el cambio climático, trastorne radicalmente las condiciones de vida y las actividades y economías basadas en el uso de los recursos naturales.**

**Uruguay no está exento de estas amenazas y similarmente a lo que ocurre en otros países, sectores tan diversos como la agricultura y la ganadería, los recursos hídricos, el uso y desarrollo de la zona costera, los sistemas forestales, son potencialmente vulnerables.**

Por citar algunos ejemplos:

- **Se estima que los principales cultivos nacionales resultarían afectados bajo los escenarios de mayor temperatura proyectados para regiones templadas (+4o a +5oC), aún existiendo incertidumbre en cuanto al signo y magnitud de la variación de precipitaciones.**
- **En cultivos de verano regados, como el arroz, un incremento de temperatura generaría un incremento de rendimientos, aunque los modelos no fueron muy definidos en las conclusiones, lo cual sugiere la necesidad de continuar trabajando en su perfeccionamiento. Pero también un incremento de precipitaciones favorecería enfermedades y modificaría prácticas de manejo, y una reducción afectaría la disponibilidad de los volúmenes de agua necesarios para el riego del cultivo, cuya área sembrada se encuentra en franca expansión.**
- **El maíz de secano mostró ser considerablemente vulnerable a un potencial cambio climático. Un aumento de temperatura provocaría un acortamiento del ciclo, derivando en menores rendimientos.**

Una posible disminución en la precipitación o un aumento en la variabilidad agravarían la situación actual

en este sentido. Los rendimientos de maíz muestran una respuesta favorable bajo escenarios con aumento de precipitación, particularmente en el caso de suelos con baja capacidad de almacenamiento de agua. Esta situación puede afectar sin embargo la eficiencia en el uso del nitrógeno debido a pérdidas por lavado y desnitrificación.

**Por lo tanto, se requerirán medidas de adaptación para contrarrestar varios efectos adversos, como descensos en el rendimiento de algunos cultivos, o para utilizar potencialidades genéticas que permitan usufructuar elementos favorables de los posibles escenarios climáticos proyectados. Se considera que Uruguay cuenta con recursos humanos y capacidad técnica adecuados como para implementar medidas de adaptación en forma eficaz y relativamente sencilla (ej.: mejoras genéticas).**



## **LA IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL SECTOR AGROPECUARIO NACIONAL.**

El sector Agropecuario ocupa un importante lugar en la economía nacional y sus actividades ocupan gran parte del territorio. La práctica de manejo más usada es la de alternar cultivos con pasturas para ganado bovino y ovino. La producción de carne y lana de Uruguay se hace sobre la base de pasturas naturales. En los últimos años hubo un significativo avance de la agricultura y del sector agroindustrial. **Las exportaciones agroindustriales alcanzaron un nuevo récord en 2010**

Las exportaciones del complejo agroindustrial alcanzaron en 2010 un máximo histórico medidas en dólares corrientes (casi 4.500 millones de dólares), cuando se expandieron casi 17% respecto a 2009 (Cuadro 7).

Los principales rubros de base agropecuaria crecieron extraordinariamente ese año, lo se debió tanto a incrementos de los volúmenes como, principalmente, de los precios.

La mayor contribución al crecimiento exportador correspondió a las ventas de soja, que continuaron aumentando exponencialmente, tal como viene sucediendo desde hace varios años. A ello se sumó el

dinamismo de las ventas de lácteos y de productos de origen forestal, de modo que entre los tres rubros se explica aproximadamente 80% del crecimiento de las exportaciones.

Interesa notar que, en conjunto, estos tres rubros que le impusieron un notable dinamismo a las exportaciones en el corriente año, pasaron de representar menos de 20% de las exportaciones agroindustriales en el año 2000 a casi 40% en 2010.

**Cuadro 7. Exportaciones agroindustriales: evolución reciente y perspectivas**  
(en millones de dólares y variaciones en %)

	2000	2005	2008	2009	2010*	variación 2010/2009
<b>(1) Carnes</b>	<b>482,6</b>	<b>899,7</b>	<b>1.480,1</b>	<b>1.228,5</b>	<b>1.337,1</b>	<b>8,8%</b>
(1a) Carne vacuna	356,5	739,6	1.196,4	952,4	1.064,0	11,7%
(1b) Carne ovina	33,1	37,2	70,7	81,7	66,0	-19,2%
(1c) Otras carnes	35,0	24,6	58,9	56,2	59,6	6,0%
(1d) Otros prod. cárnicos	58,0	98,3	154,1	138,2	147,5	6,7%
<b>(2) Lanás</b>	<b>129,3</b>	<b>132,2</b>	<b>167,2</b>	<b>151,4</b>	<b>216,5</b>	<b>43,0%</b>
<b>(3) Lácteos</b>	<b>130,0</b>	<b>265,0</b>	<b>433,5</b>	<b>373,4</b>	<b>517,0</b>	<b>38,5%</b>
<b>(4) Pieles, cueros y manuf.</b>	<b>263,9</b>	<b>282,9</b>	<b>288,9</b>	<b>189,3</b>	<b>216,2</b>	<b>14,2%</b>
<b>(5) Cebada y malta</b>	<b>44,3</b>	<b>75,7</b>	<b>176,6</b>	<b>173,4</b>	<b>138,0</b>	<b>-20,4%</b>
<b>(6) Oleaginosos</b>	<b>0,5</b>	<b>134,8</b>	<b>355,2</b>	<b>458,9</b>	<b>701,5</b>	<b>52,9%</b>
(6a) Girasol	0,5	34,1	27,8	3,1	0,3	-91,9%
(6b) Soja	0,0	100,7	327,4	455,8	701,2	53,9%
<b>(7) Trigo y harina de trigo</b>	<b>5,5</b>	<b>13,5</b>	<b>151,9</b>	<b>272,9</b>	<b>320,5</b>	<b>17,4%</b>
<b>(8) Arroz</b>	<b>164,9</b>	<b>200,6</b>	<b>443,5</b>	<b>461,2</b>	<b>304,4</b>	<b>-34,0%</b>
<b>(9) Granos forrajeros</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>4,0</b>	<b>4,5</b>	<b>43,8</b>	<b>872,7%</b>
<b>(10) Cítricos</b>	<b>32,5</b>	<b>63,6</b>	<b>76,7</b>	<b>71,1</b>	<b>88,0</b>	<b>23,8%</b>
<b>(11) Frutas de hoja caduca</b>	<b>3,4</b>	<b>6,8</b>	<b>5,7</b>	<b>3,0</b>	<b>3,9</b>	<b>29,8%</b>
<b>(12) Arándanos</b>	<b>0,0</b>	<b>0,2</b>	<b>7,8</b>	<b>8,6</b>	<b>14,0</b>	<b>62,3%</b>
<b>(13) Hortalizas frescas</b>	<b>1,5</b>	<b>1,0</b>	<b>1,1</b>	<b>0,7</b>	<b>1,0</b>	<b>44,3%</b>
<b>(14) Vino</b>	<b>6,9</b>	<b>4,1</b>	<b>9,3</b>	<b>5,7</b>	<b>7,0</b>	<b>23,4%</b>
<b>(15) Madera, papel y manuf.</b>	<b>110,5</b>	<b>196,9</b>	<b>487,4</b>	<b>400,6</b>	<b>522,5</b>	<b>30,4%</b>
(15a) Cadena papelera	61,4	54,3	65,1	66,9	86,1	28,7%
(15b) Madera y manuf.	49,1	142,6	422,3	333,6	436,4	30,8%
<b>(16) Miel</b>	<b>2,9</b>	<b>11,0</b>	<b>25,1</b>	<b>16,6</b>	<b>25,0</b>	<b>50,4%</b>
<b>Total</b>	<b>1.378,7</b>	<b>2.287,9</b>	<b>4.113,8</b>	<b>3.819,8</b>	<b>4.456,4</b>	<b>16,7%</b>

(\*) Valores proyectados por OPYPA.

Fuente: OPYPA en base a datos del BCU y estimaciones propias.

**Si bien en los niveles de producción influye el mercado, también lo hacen las condiciones meteorológicas, y el efecto de las fluctuaciones suele prolongarse más allá de los ciclos adversos.**

De ello dan cuentas algunos datos del Anuario OPYPA 2010<sup>2</sup>.

Por ejemplo, aunque a diferencia de los últimos años, en 2010 las condiciones del clima fueron mayoritariamente favorables tanto para los cultivos agrícolas como para las pasturas. Sin embargo varios rubros estuvieron afectados por restricciones de oferta en 2010, derivados en parte de la situación climática del ciclo anterior.

**En efecto, en el 2010 recayeron sobre la ganadería vacuna algunas de las consecuencias de la prolongada sequía que se registró durante 2008 y parte de 2009. La disminución del número de terneros nacidos en la primavera de 2009 debido a la sequía, afectó negativamente el stock de vaquillonas y novillos de un año en 2010.**

Además, debido a la escasez de alimento para el ganado, durante el ciclo anterior se adelantó la faena de animales jóvenes, por lo que en el presente período hubo menos disponibilidad de ganado preparado para faenar. Ello determinó una disminución de la faena durante 2010.

	Vacas	Novillos	Terneros	Bueyes y toros	TOTAL
(en miles de cabezas)					
2005	1.102	1.230	19	41	2.393
2006	1.195	1.325	27	42	2.589
2007	1.019	1.125	14	35	2.192
2008	978	1.181	20	34	2.213
2009	1.222	1.050	19	35	2.326
Variación anual ( en %)					
2005	11,3	11,6	55,4	17,6	11,8
2006	8,4	7,7	40,3	0,9	8,2
2007	-14,7	-15,1	-48,2	-17,0	-15,3
2008	-4,0	5,0	42,0	-0,4	1,0
2009	25,0	-11,1	-5,0	1,1	5,1
Ene-Oct 2010	-4,9	-9,0	-36,4	0,0	-6,9

Fuente: OPYPA en base a datos de INAC.

<sup>2</sup> Anuario OPYPA 2010. Evolución y perspectivas de las cadenas agropecuarias 2010 Ec. Verónica Durán Fernández. (<http://www.zak-icg.com/admin/material/archanalisis25.pdf>)

En cambio, debido a la influencia del clima, en el 2010 hubo buena disponibilidad de pasturas, por lo cual la producción de leche de ese año se expandió y alcanzó un nuevo récord, gracias a la buena disponibilidad de pasturas.

La siembra de granos de invierno estuvo en parte negativamente afectada por las consecuencias de las malas condiciones climáticas de la zafra anterior sobre las expectativas de los empresarios. En efecto, el exceso de lluvias en el momento de levantar la cosecha 2009/2010, a comienzos del verano pasado, determinó notables pérdidas de calidad en un enorme volumen de la producción de trigo y de cebada. Buena parte de la producción no tuvo calidad suficiente para el consumo humano y debió ser almacenada

y destinada para forraje animal.

**De modo que el resultado económico se redujo notablemente, lo que deterioró las expectativas de las empresas agrícolas para la siguiente campaña. Ello determinó que el área sembrada con cultivos de invierno en la zafra 2010/2011 se redujera notablemente respecto a la anterior. A ello se sumó que en el último otoño, durante la siembra de la zafra 2010/2011 se registraron frecuentes y abundantes lluvias que demoraron las labores, lo que perjudicaría los rendimientos de los cultivos más tardíos.**

Producción física (variación respecto al año o zafra anterior)

	Zafra 2009-2010	Zafra 2010-2011 (*)	Zafra 2011-2012 (*)	Año civil 2010 (*)	Año civil 2011 (*)
Carne vacuna				0%	2%
Leche				4,7%	4,4%
Lana	-7,6%	5%	n/c		
Trigo	36%	-36%	28%		
Arroz	-11%	34%	-1%		
Cebada	13%	-53%	66%		
Girasol	-82%	-54%	67%		
Maíz	95%	-10%	11%		
Soja	74%	3%	0%		
Sorgo	-58%	113%	2%		

(\*) Estimaciones al 20 de noviembre de 2010.

Fuente: OPYPA, en base a datos de DIEA, INAC, INALE, SUL, BCU e informantes calificados.

### **Las exportaciones agroindustriales alcanzaron un nuevo récord en 2010.**

Más allá de la combinación de factores de mercado y climáticos, las exportaciones del complejo agroindustrial alcanzaron en 2010 un máximo histórico medidas en dólares corrientes (casi 4.500 millones de dólares), cuando se expandieron casi 17% respecto a 2009 (Cuadro 7).

Los principales rubros de base agropecuaria crecieron extraordinariamente ese año, lo que se debió tanto a incrementos de los volúmenes como, principalmente, de los precios.

La mayor contribución al crecimiento exportador correspondió a las ventas de soja, que continuaron aumentando exponencialmente, tal como viene sucediendo desde hace varios años. A ello se sumó el dinamismo de las ventas de lácteos y de productos de origen forestal, de modo que entre los tres rubros se explica aproximadamente 80% del crecimiento de las exportaciones.

Interesa notar que, en conjunto, estos tres rubros que le impusieron un notable dinamismo a las exportaciones, pasando de representar menos de 20% de las exportaciones agroindustriales en el año 2000 a casi 40% en 2010.

No menos importante resulta el sector forestal. En lo que respecta a áreas forestadas, Uruguay ha generado un interesante desarrollo mediante la implantación de una nueva política que rige desde la promulgación de la llamada Ley Forestal. Desde el comienzo de la vigencia de la misma, se ha estimulado significativamente el desarrollo de la forestación en el país, mediante el otorgamiento de incentivos.

Esta breve reseña da cuenta de la importancia que tiene para el Uruguay la producción agropecuaria.

**Consecuentemente, como se señaló al principio el conocimiento de la climatología de una región es un elemento fundamental para la planificación y la toma de decisiones, contribuyendo a la identificación de áreas con condiciones climáticas más o menos aptas para el desarrollo de distintos rubros y actividades agropecuarias y al uso racional y sostenible de los recursos naturales.**

**Así mismo, la información climática es un elemento básico para la realización de evaluaciones “ex-ante” de nuevas tecnologías, prácticas de manejo, rubros y sistemas de producción, cual es el impacto esperado sobre los resultados físicos, económicos y sobre los recursos naturales y la estimación de los riesgos al iniciar nuevas actividades productivas y/o al introducir cambios en los actuales sistemas de producción.**



## **LA INVESTIGACIÓN METEOROLÓGICA APLICADA AL AGRO.**

La planificación y evaluación del potencial productivo y riesgos climáticos asociados a la producción agropecuaria requiere el disponer de una caracterización agroclimática en base a registros históricos, que contribuya a la definición de áreas con un comportamiento homogéneo esperado para las actividades productivas

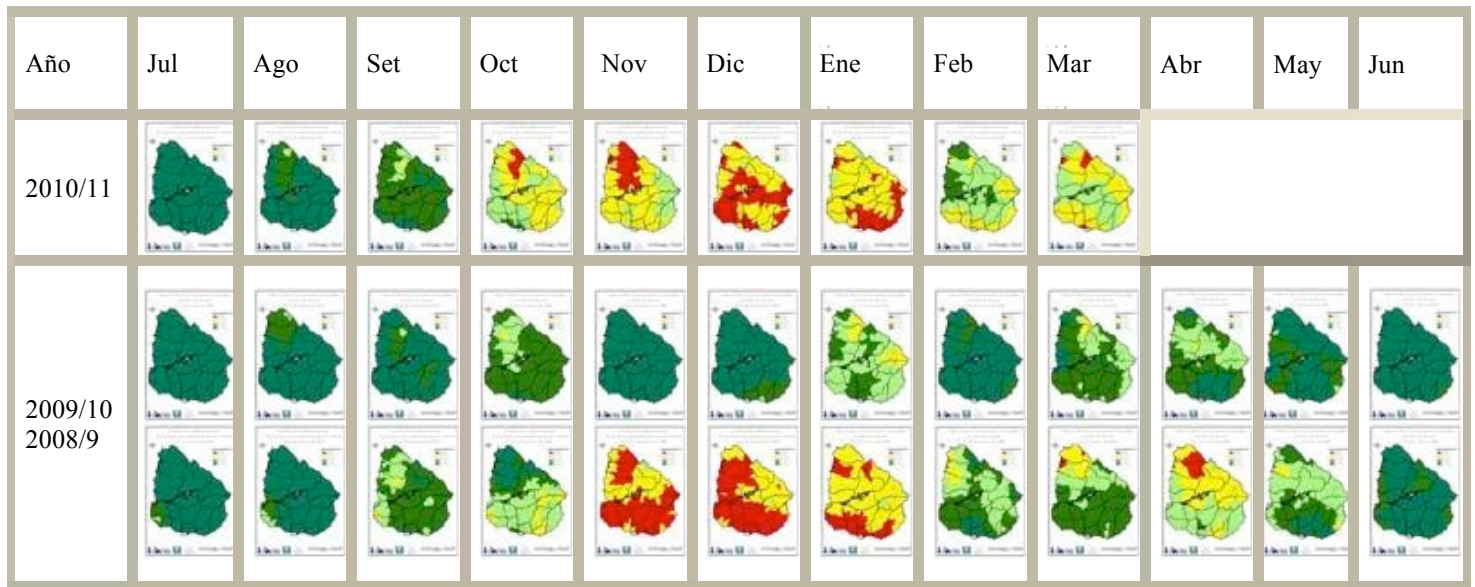
Para ello es necesario estudiar la climatología (promedios de 30 años) de la región de estudio y la variabilidad histórica de las observaciones climáticas más relevantes para la producción agropecuaria tales como la temperatura del aire, las precipitaciones, la insolación (heliofanía), la humedad relativa del aire y la ocurrencia de heladas.

Para complementar la información climatológica, también es relevante el estudio del régimen hídrico en base a modelos de balance hídrico de suelos.

La disponibilidad de agua para cultivos, pasturas, hortalizas, árboles, etc. depende de las condiciones climáticas (temperaturas, lluvias, etc.) y de las características de los suelos, en particular de la capacidad de almacenamiento de agua.

Por esta razón la elaboración de balances hídricos para la estimación de la disponibilidad de agua en los diferentes suelos genera un tipo de información que está mejor relacionada con el desarrollo vegetal.

Por ejemplo: En la siguiente tabla se presentan las figuras con la Estimación del Porcentaje de Agua Disponible en los suelos (PAD) por Sección Policial desde el año 2008:



En Uruguay, la Dirección Nacional de Meteorología (DNM) es la Autoridad Nacional en meteorología, su objetivo es el suministro de los servicios meteorológicos en la República, sus aguas y espacio aéreo jurisdiccionales y el de los servicios internacionales que correspondan al país de acuerdo con los convenios aplicados.

Para el cumplimiento de su objetivo, la DNM, podrá gestionar el apoyo y colaboración de Organismos Públicos, Entes del Estado y Organismos Internacionales. Desde 1950, El Servicio Meteorológico de Uruguay integra la Organización Meteorológica Mundial, organismo dependiente de las Naciones Unidas.

También tienen servicios meteorológicos la Armada Nacional, la Fuerza Aérea.

En el área específica de la agrometeorología, la información la brinda la propia DNM, y el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), que actúa en la órbita del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP).

Esta última institución tiene como cometido contribuir al desarrollo integral de los productores y del Sector Agropecuario Nacional:

- Generando, incorporando y adaptando conocimientos y tecnologías tomando en cuenta las Políticas de Estado, la sustentabilidad económica, ambiental y la equidad social.
- Promoviendo activamente el fortalecimiento y consolidación de un Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación.
- Comprometiéndose con la calidad humana y profesional de su gente, la de sus procesos y productos.

En el esquema institucional del INIA, las estaciones experimentales han desarrollado la investigación agroclimática.

1914. Los registros meteorológicos de la Estación Experimental “La Estanzuela” comienzan a principio del siglo XX, el 16 de Setiembre de 1914, en el entonces denominado Semillero Nacional La Estanzuela.

El Instituto Fitotécnico y Semillero Nacional La Estanzuela fue fundado en 1914 por el Dr. Alberto Boerger, fitotecnista alemán que fue contratado por el gobierno Nacional con los cometidos de organizar

un servicio de mejoramiento genético varietal. El Dr. Boerger fue director del Instituto hasta 1957.

Inicialmente las actividades estuvieron relacionadas con trabajos fitotécnicos sobre los cultivos agrícolas de mayor relevancia en aquel entonces: trigo, lino, cebada, maíz, avena y alfalfa. Desde los comienzos del Instituto Fitotécnico la generación y actualización de variables agroclimática constituyó una prioridad para su fundador.

**Década de 1970.** A comienzos de los años 70 se promueve la regionalización del Sistema Nacional de Investigación Agrícola, creándose las Estaciones Experimentales Agropecuarias del Norte (INIA-Tacuarembó) y del Este (INIA-Treinta y Tres) y anexándose las hortifrutícolas Las Brujas (INIA-Las Brujas) y Litoral Norte (INIA-Salto Grande)



En los últimas décadas una de las temáticas más relevantes ha sido el “Calentamiento global” por sus efectos en la vida de la humanidad.

En el sector agropecuario (público y privado), se ha venido desarrollando una creciente y manifiesta preocupación en relación a los posibles impactos de estos cambios climáticos sobre la producción agropecuaria.

**En 1988**, acorde con este contexto, y previniendo sus repercusiones en el ámbito nacional **se conforma en el INIA La Estanzuela, un “Grupo Técnico” que comienza a analizar, proponer y ejecutar estudios sobre el clima y el cambio climático.** Simultáneamente se desarrollan capacidades sobre el uso de metodología y herramientas emergentes en ese entonces, tales como:

- 1- la teledetección,



- 2- los sistemas de información geográfica (SIG)
- 3- utilización de GPA
- 4- Mapeo con técnicas geoestadísticas
- 5- Uso de modelos físicos y biológicos.

**1995.** Se crea el Sistema Nacional de Emergencias, que en lo específicamente relacionado con la producción agropecuario tiene por cometidos planificar, coordinar, ejecutar, evaluar y entender en la prevención y en las acciones necesarias en todas las situaciones de emergencia, crisis y desastres excepcionales ocasionados por fenómenos naturales o por la acción humana ( vientos, sequías, inundaciones, plagas, incendios, etc), que provoquen daños masivos y contaminación ambiental. Lo integran representantes de Presidencia de la República, Ministerios, Fuerzas Armadas, así como comités por departamento.

**1999.** El Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, a través de su Grupo de Riego, Agroclima, Ambiente y Agricultura Satelital (GRAS), comenzó un proyecto de investigación con el International Fertilizer Development Center, IFDC, cuyo objetivo fundamental es establecer un Sistema de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD) para el sector agropecuario.

**La idea principal detrás del SISTD consiste en aprovechar la disponibilidad de herramientas modernas de información, procesar bases de datos grandes y complejas, y producir información que pueda ser fácilmente interpretada por agentes del sector agropecuario, contribuyendo con el proceso de planificación y toma de decisiones.**

El SISTD de Uruguay se basa en el principio general de que para mejorar la planificación y toma de decisiones es necesario considerar tres grandes tipos de información : (1) la información generada en el pasado, (2) la información de la situación actual, y (3) las perspectivas más probables del futuro. Para ello el SISTD combina una serie de herramientas modernas de acceso y manejo de información que se hacen interactuar para generar información fácilmente entendible y por lo tanto utilizable.

**2003.** se crea la Unidad de Agroclima y Sistemas de Información (GRAS), incluyendo la aplicación de de Sistemas de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD, enfocado principalmente a la prevención y manejo de riesgos en la producción agropecuaria, en particular asociados al clima.

Acorde a sus cometidos, la Unidad GRAS, con la colaboración del Instituto Internacional de Investigación del Clima y Sociedad (IRI) de la Universidad de Columbia y en acciones conjuntas con varias instituciones nacionales, regionales e internacionales, ha venido desde sus inicios (año 1998) ejecutando acciones y proyectos a fines de determinar cambios del clima en Uruguay, evaluar posibles impactos en la producción agropecuaria e identificar medidas de respuesta y adaptación a los mismos. Así mismo, ha ido desarrollando un Sistema de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD),

En relación al referido sistema (SISTD), algunos de los productos desarrollados son:

- El Índice de Vegetación (NDVI) estimado con información satelital y con el cual se estima y monitorea el estado de las pasturas y otro tipo de vegetación en todo el país.
- El Balance Hídrico del Suelo a nivel Nacional con el cual se estima el contenido de agua disponible en los suelos, el índice de bienestar hídrico de cultivos y el agua no retenida en el suelo (escurrimiento superficial).

- La estimación y monitoreo de áreas cultivadas en base al procesamiento de imágenes satelitales.
- Bases de datos de variables agroclimáticas registradas en las estaciones del INIA, actualizadas en tiempo casi real y con acceso online.

Los productos mencionados y otra información (pronósticos meteorológicos a 6 días, perspectivas climáticas de mediano plazo, previsión de ocurrencia de heladas, etc.) utilizados de manera integrada, ayudan a monitorear y evaluar la evolución y el estado actual de diversas variables agroclimáticas y rubros de producción, así como posibles condiciones futuras. Esta información es relevante para la toma de decisiones relacionadas con la previsión y planificación de acciones dirigidas a disminuir los efectos negativos de fenómenos climáticos adversos, así como también a aprovechar oportunidades cuando las condiciones son favorables para la producción agropecuaria.

**La información y productos incluidos en el SISTD son de acceso totalmente gratuito para todo tipo de usuario.**

**Están disponibles en el sitio web del GRAS, [www.inia.org.uy/gras](http://www.inia.org.uy/gras) , el cual tiene un promedio de 2000 visitas diarias. Así mismo, se envía mensualmente un resumen de la información más relevante por correo electrónico a casi de 20.000 destinatarios. También se atienden demandas de productos específicos del Sistema, provenientes de usuarios que lo solicitan a la Unidad. Relevamientos realizados muestran que alrededor de un 70% de los usuarios rutinarios del SISTD son productores agropecuarios y asesores técnicos. Complementariamente, Instituciones gubernamentales lo utilizan, pero más exhaustivamente en circunstancias apremiantes.**

Varias instituciones nacionales e internacionales conforman una red abocada a la investigación y producción de información agrometeorológica:

#### **Nacionales:**

Dirección Nacional de Meteorología. IMFIA,

Facultades de Ingeniería, Agronomía y de Ciencias de la Universidad de la República.

Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca.

Unidad de Ciencias de la Atmósfera. Facultad de Ciencias de la Universidad de la República.

#### **Internacionales:**

IRI (Internacional Research Institute for Climate and Society) USA.

INTA, Argentina. Goddar Institute for Space Studies, NASA, USA. INIA, Chile.

INIA, España.

EMBRAPA Trigo, Brasil

Universidad Católica de Paraguay

#### **Formación de técnicos en Agroclimatología.**

1944. Escuela de Meteorología (Dirección Nacional de Meteorología).

Facultad de Agronomía de la Universidad de la República.

### **CONCLUSIONES<sup>3</sup>:**

Como se habrá observado en Uruguay, tempranamente hubo interés por el estudio el clima vinculado a la producción agropecuaria. En ese sentido, el país fue avanzando en la creación de institucionalidad.

No obstante, para perfeccionar la información que se produce, será necesario atender algunas prioridades:

#### **DE CARÁCTER TÉCNICO:**

##### **a) Consolidar un Sistema de Información para la prevención y evaluación de riesgos climáticos.**

La información y la realización de estudios de base son fundamentales para la evaluación y gestión adecuada del riesgo climático. Esto involucra información relativa a la probabilidad e intensidad de eventos climáticos, así como sobre el impacto que generan en las diferentes producciones agropecuarias (magnitud de las pérdidas de producción o calidad)

Para la prevención, los sistemas de monitoreo de variables climáticas, de la situación de los cultivos o pasturas, así como de la alerta temprana de fenómenos adversos son instrumentos de política pública de fundamental importancia.

**Aunque ha habido importantes avances, es necesario aumentar esfuerzos y coordinaciones debido a la diversidad de información, disciplinas e instituciones involucradas en la gestión del riesgo climático.**

##### **b) Integración de información geo-climática en sistemas**

En general, el factor más limitante para mejorar estos procesos no es la falta de información. En países como Uruguay existen sistemas de investigación adecuados que permanentemente están generando y difundiendo información técnica y científica relevante.

Esta información tiene sin embargo algunas carencias tales como, la falta de digitalización de parte de la información, interrupciones en algunos monitoreos de largo plazo como consecuencia de carencias económicas, necesidad de adoptar criterios estandarizados para la recolección y procesamiento de los datos, etc.

Por otro lado, los demandantes de información tienen acceso cada vez más fácil a información nacional e internacional a través de los sistemas tradicionales de comunicación y más recientemente a través de la Internet. De hecho, en muchos casos las dificultades aparecen por la masiva cantidad de información disponible y la imposibilidad de clasificarla, priorizarla y analizarla.

Así mismo, se hace necesario fomentar el desarrollo de una red interinstitucional e interdisciplinaria con capacidad para la implementación de nuevos estudios relacionados al cambio climático.

<sup>3</sup> OPYPA 2009.

**Objetivo:** Producción se estándares y tecnologías de base para construcción de un sistema integrado de información geo-climática

**Acciones:** Desarrollar capacidades para que la información y registros que producen las distintas instituciones pueda llevarse a una única base de datos.

### **c) Capacitación para los usuarios de la información, especialmente los pequeños productores.**

En los últimos años han surgido un gran número de herramientas que permiten procesar y analizar grandes volúmenes de información. Entre muchos otros se pueden mencionar la simulación de sistemas, los sistemas expertos, el sensoramiento remoto, los sistemas de información geográfica y las herramientas para análisis estadísticos de grandes bases de datos.

Si bien existe una clara necesidad de utilizar herramientas modernas para el análisis de información en la planificación agropecuaria, y a pesar de que tales herramientas están hoy disponibles, la realidad muestra que en el mundo **dichas herramientas continúan siendo muy poco utilizadas en la producción y planificación agropecuaria. Las causas de esta realidad son varias. Pero posiblemente una de las más claras radica en la dificultad para utilizar estas herramientas a la que se enfrenta un agente típico del sector agropecuario. Cada una de estas herramientas requiere de un cierto entrenamiento para su aplicación.**

### **d) Producción de información orientada a la demanda.**

Sistema de Información y Soporte para la Toma de Decisiones (SISTD) está siendo desarrollado de manera de realizar todos estos tipos de análisis a varias escalas. Algunos análisis están enfocados al total del territorio nacional o a departamentos, lo cual es útil para la planificación a nivel de gobierno por ejemplo, mientras que otros análisis consideran establecimientos agropecuarios individuales, intentando colaborar en la planificación a nivel de productor.

**Objetivo:** Extender y consolidar las capacidades técnicas de todas las instituciones implicadas en el área de la agrometeorología para la producción de información oportuna y pertinente, tendientes a satisfacer la demanda del sector.

**Acciones:** Jerarquizar la formación de técnicos en las distintas disciplinas que integran la , difundir información de la oferta de cursos de formación profesional en el área, estimular la formación permanente.

### **DE CARÁCTER POLÍTICO:**

#### **Voluntad política para:**

- 1- Reconocer y promover la actividad agrometeorológica como valor estratégico de la para el país.
- 2- Asegurar dotaciones presupuestales que permitan proveer y mantener recursos técnicos de última generación.
- 3- Monitorear y apoyar la Migración de la Dirección Nacional de Meteorología desde el Ministerio de Defensa al Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, para que se potencien los servicios que presta.