

## Los Pronósticos Climáticos y la Toma de Decisiones en Agricultura<sup>1</sup>

---

Norman E. Breuer, Clyde Fraisse y David Zierden<sup>2</sup>

Los agricultores toman diariamente decisiones que afectan sus retornos financieros y bienestar total. A menudo no se conocen con certeza las consecuencias de las decisiones sino mucho tiempo después de que éstas hayan ocurrido y los resultados pueden ser mejores o peores de lo que se había esperado. Muchas veces se toman las decisiones en base a algún tipo de pronóstico, como por ejemplo precio, tiempo o clima. Las decisiones basadas en precios están relacionadas a los cambios en los costos de la producción o de la inversión que pueden ocurrir eventualmente y requieren mucho conocimiento de los mercados, tanto nacionales como internacionales. El tiempo hace referencia a los cambios diarios en la atmósfera: una lluvia torrencial o un golpe de frío. Las decisiones basadas en el tiempo son, por naturaleza, generalmente operacionales e incluyen actividades que deberían ocurrir en el futuro muy cercano; la mayoría de las veces en menos de una semana. Por ejemplo, la irrigación, la protección contra las heladas, la fertilización y la cosecha. El clima puede referirse a un invierno lluvioso y frío, o a un verano caluroso y

seco. Las decisiones basadas en el clima constituyen normalmente decisiones que se toman antes de la temporada y tienden a ser de naturaleza más estratégica. Ejemplos de decisiones basadas en el clima pueden constituir la elección de la variedad a sembrar, la distribución de la superficie en acres, la compra de insumos de pre-temporada y el mercadeo.

### ¿Puede predecirse el clima?

Los pronósticos del tiempo son generalmente bastante acertados en lo que se refiere a predecir las características significativas del tiempo para los próximos uno a dos días. Sin embargo, la precisión de los pronósticos del tiempo disminuye a medida que aumenta el margen de tiempo a tres, cuatro, cinco o más días. Por ejemplo, un pronóstico para cuatro días en adelante necesita ser revisado a menudo a medida que ese día se aproxima, y en algunos casos, la revisión puede ser mayor. ¿Es posible entonces realizar pronósticos climáticos útiles para algunas regiones para los

---

1. Este documento es AE 463, uno de una serie de la Ingeniería Agrícola y Biológica del Departamento de Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias de la Universidad de la Florida. Publicado en junio de 2010. Por favor visite el sitio Web EDIS en <http://edis.ifas.ufl.edu>.

2. Norman E. Breuer, Investigador Científico Asociado, Escuela Rosenstiel de Ciencias Marinas y Atmosféricas de la Universidad de Miami y Científico Investigador Adjunto, Departamento de Ingeniería Agrícola y Biológica de la Universidad de la Florida, Clyde W. Fraisse, Profesor Auxiliar y Especialista de Extensión Climático del Departamento de Ingeniería Agrícola y Biológica de la Universidad de Florida; David Zierden, climatólogo de Estado de la Florida, Centro de Estudios de Predicción Océano-Atmósfera, Universidad Estatal de Florida; Servicio de Extensión Cooperativa de la Florida, Instituto de Alimentos y Ciencias Agrícolas, Universidad de Florida, Gainesville, FL 32611.

próximos tres meses, y a veces aun para el periodo de tres meses que le sigue?

La capacidad para pronosticar el clima ha mejorado en años recientes, y en muchos lugares del mundo ha habido un mayor número de esfuerzos significativos dedicados a aplicar la información climática para mejorar los sistemas agrícolas (Jagtap et al. 2002). A pesar de las mejoras en la capacidad para pronosticar el clima, no es aún posible pronosticar antes de la temporada qué día un sitio tendrá precipitaciones, tormentas, temperaturas extremas, pasos frontales y así sucesivamente. Sin embargo, los científicos han desarrollado alguna capacidad para pronosticar anomalías en el promedio estacional del tiempo (esto es, anomalías climáticas). Por ejemplo, la precipitación total puede ser pronosticada como más alta que el promedio climatológico para un sitio dado. Nuevamente, el momento exacto de los eventos de precipitación sigue siendo desconocido.

Gran parte de la habilidad en pronosticar desviaciones de los totales estacionales normales o promedios posee su origen en las condiciones que cambian lentamente en la superficie de la tierra que pueden influir el clima. La condición más importante de la superficie que afecta el clima es la temperatura de la superficie del mar (TSM), y particularmente la TSM en las zonas tropicales. Otras condiciones de superficie generalmente menos influyentes constituyen la humedad del suelo y la cobertura de nieve. La característica de las condiciones de superficie que les provee la habilidad para influir las condiciones promedio del tiempo en un periodo de tiempo extendido es la lentitud con la cual pueden cambiar, y por lo tanto, el periodo extendido en el cual pueden ejercer su constante influencia. Cuando la TSM es más alta que lo normal, permanece generalmente así por varios meses, y algunas veces hasta por un año o más, así como durante los eventos de El Niño o La Niña en el Pacífico tropical SST.

### ¿Qué son El Niño y La Niña?

El fenómeno de la Oscilación Sur El Niño (ENSO) es el conductor más fuerte de la variabilidad climática interanual en el mundo y su

impacto en el clima de Florida está bien documentado. Cuando la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico ecuatorial este es más alta que lo normal, el fenómeno es llamado El Niño. Cuando la temperatura es más baja que lo normal, el fenómeno es llamado La Niña. Cuando la temperatura es normal, el evento se llama Neutro. El Niño produce normalmente 30%–40% más de precipitaciones y temperaturas más frías durante el otoño y el invierno, mientras que La Niña produce un otoño y primavera más calurosos y secos que lo normal. Florida también posee pocos impactos en tierra de huracanes en el Atlántico durante años El Niño. Un descubrimiento importante constituyó el hecho de que de las 12 heladas de invierno más grandes en el centro de Florida que ocurrieron en el último siglo, 11 fueron durante fases Neutras.

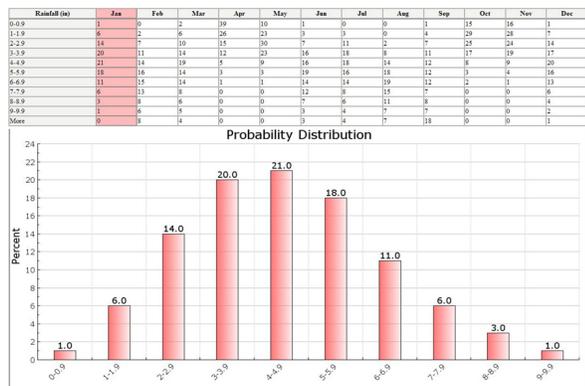
Se ha determinado que cada año El Niño, La Niña o Neutro comienza en octubre y dura hasta septiembre del próximo año calendario. Al controlar la temperatura de la superficie del mar en el Océano Pacífico tropical, podemos saber con anticipación qué tipo de clima se está desarrollando en un año determinado. Aunque El Niño y La Niña regresan cada dos a siete años, el Pacífico tropical es neutro la mayor parte del tiempo. Uno puede esperar que el 50% de los años sean Neutros, 25% El Niño y 25% La Niña.

### Cómo Interpretar los Pronósticos Climáticos

Los pronósticos climáticos se presentan generalmente desde el punto de vista de probabilidades, ya que no es posible aún pronosticar la cantidad exacta de precipitación o la escala de temperatura estacional. Normalmente, se da la posibilidad u oportunidad de esperar que cierta escala de precipitación o temperatura ocurra en los próximos meses (probabilidad de frecuencia).

La Figura 1 muestra la probabilidad de que ocurran precipitaciones para varias escalas de precipitación para el mes de enero en el condado de Jackson, Florida. La parte superior del gráfico muestra las probabilidades calculadas usando todos los años de datos disponibles para la estación meteorológica local. Puede notarse que existe una

probabilidad de aproximadamente 14% de que el total de precipitación de enero sea de solamente tres pulgadas. Las probabilidades para la precipitación total de cuatro, cinco y seis pulgadas son de 20,0 21,0 y 18,0 por ciento, respectivamente.



**Figura 1.** Frecuencia de probabilidades para la precipitación total en enero en el Condado de Jackson, Florida.

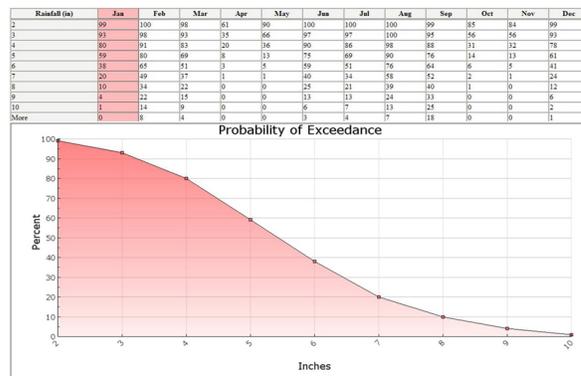
La pregunta a ser formulada es: ¿Cambiarán las probabilidades si el año que viene es un año El Niño, La Niña o Neutro? De hecho, cambios significativos ocurren de acuerdo a las fases ENSO. La probabilidad para sólo tres pulgadas de precipitación total aumenta significativamente durante años La Niña a aproximadamente 25%, y disminuye durante años El Niño a aproximadamente 8%. En general, las probabilidades para menos precipitación en enero son mucho más altas durante años La Niña y más bajas durante años El Niño. De otra manera, las probabilidades de mayores cantidades de precipitación son más altas durante años El Niño.

Otra manera de presentar las probabilidades de pronósticos es planificar probabilidades de exceder (Figura 2). Los histogramas asociados a la probabilidad de exceder pueden interpretarse más fácilmente, ya que relatan explícitamente las probabilidades y los umbrales climáticos. Esto significa que existe la probabilidad de que ocurra "por lo menos" un cierto umbral de una variable climática. La Figura 2 muestra las probabilidades de exceder para varias escalas de precipitación para el mes de enero en el condado de Jackson, Florida durante años El Niño, La Niña y Neutro.

Cuando promediamos la precipitación de enero para todos los años de los datos históricos usados para este análisis, la probabilidad de que llueva por lo menos 4–5 pulgadas en enero es de 59,4%. Sin embargo, cuando se promedia solamente años El Niño, esta probabilidad aumenta al 78,1%, mucho más alta que durante un año La Niña (28,3%).

Un ejemplo de la aplicación práctica de esta información puede ser útil. Supongamos que una pastura de invierno necesita por lo menos cinco pulgadas de precipitación en enero para obtener un crecimiento y desarrollo excelentes. Las probabilidades de cinco pulgadas de precipitación y, por lo tanto, de alcanzar un crecimiento óptimo son del 78,1% en años El Niño, casi 50 por ciento más altas que en años La Niña (ver [www.agroclimate.org](http://www.agroclimate.org)).

Ambas formas de presentar los pronósticos climáticos (probabilidad de frecuencia y probabilidad de exceder) pueden ser de interés para los procesos de toma de decisiones de los productores.



**Figura 2.** Probabilidades de exceder para todos los años en el condado de Jackson, Florida.

## El Clima de Florida

El clima constituye el recurso físico más importante de Florida, un hecho bien reconocido por sus habitantes, cuyo gobierno estatal ha designado oficialmente a Florida "el Estado del Sol" (Winsberg 2003). En realidad, el oeste, parte árida de los Estados Unidos, posee muchas más horas de luz solar que Florida. Sin embargo, Florida posee aproximadamente el doble de cantidad de horas de luz solar que los estados en el cuadrante noreste de la nación, y temperaturas mucho más moderadas. Los

inviernos moderados y soleados constituyen las ventajas físicas más importantes de Florida, y sin estos elementos climáticos sería mucho menos atractiva para los visitantes, así como para los migrantes tanto jóvenes como mayores. La agricultura de Florida, basada fuertemente en lo cálido del invierno, provee no solamente los cítricos, sino también hortalizas de invierno para el resto de la nación.

La mayor parte de Florida se encuentra dentro del extremo de la porción sur de la zona climática subtropical húmeda del hemisferio norte, conocida por sus veranos largos, calurosos y húmedos e inviernos moderados y lluviosos. La porción más sureña del estado pertenece a la región de sabana tropical, un clima que comparte con la mayoría de las islas del Caribe. La precipitación en la sabana tropical, también llamada a veces el trópico lluvioso y seco, está altamente concentrada en los meses calurosos.

Los principales factores que gobiernan el clima de Florida son la latitud, la distribución de la tierra y el agua, los vientos prevalentes, los sistemas de tormentas y presión y las corrientes del océano. Aunque ningún lugar en Florida está alejado del nivel del mar, durante el invierno, la altitud puede constituir un factor local significativo que afecta la temperatura. Los nuevos propietarios de huertos aprendieron rápidamente que los árboles cítricos que sembraron en las depresiones eran mucho más susceptibles a las heladas que aquellos que fueron sembrados en tierras más altas.

Florida está dividida en 7 Divisiones Climáticas (Figura 3). Cada división contiene estaciones múltiples de monitoreo de temperaturas y precipitaciones. Se tomaron medias aritméticas no ponderadas de datos mensuales de todas las estaciones dentro de una división determinada que se cree reflejan las características climáticas de cada división, aunque existen variaciones climáticas dentro de las divisiones. La Tabla 1 muestra el promedio de precipitación por mes para cada división climática y la temperatura media para cada mes y cada división climática.

Las temperaturas promedio durante los meses más fríos en Florida (enero) oscilan entre las temperaturas mayores a 50 grados en el norte (Divisiones Climáticas 1 y 2) y las temperaturas menores a 70 grados en el sur (Divisiones Climáticas 6 y 7). Durante el mes más caluroso (generalmente julio, pero en algunos lugares agosto), las temperaturas promedio son casi las mismas a lo largo del estado, entre 81°F y 84°F.

En Florida, las temperaturas durante el año reciben una fuerte influencia del Golfo de Méjico y el Océano Atlántico, con los mayores efectos cerca de la costa. La tierra y el agua difieren en su capacidad para absorber y reflejar el calor. La tierra, cuando está expuesta a la misma cantidad de calor que un cuerpo de agua, se calentará más rápidamente que la superficie del agua y alcanzará temperaturas más altas. Ya que Florida es mayormente una península larga, ningún lugar en el estado se encuentra a más de 80 millas desde el Golfo de Méjico o el Océano Atlántico. La temperatura de la superficie del agua, tanto en el Golfo de Méjico como en el Océano Atlántico sube a aproximadamente 84°F en el verano y baja a aproximadamente 70°F en el invierno.

Florida se encuentra entre los estados más lluviosos en los EEUU., y la mayoría de las áreas reciben por lo menos 50 pulgadas de lluvia anualmente (Black 1993). El Panhandle y el sureste de Florida constituyen las dos partes más lluviosas del estado (Divisiones Climáticas 1 y 6). Las más secas son los Cayos de Florida (División Climática 7) y la isla barrera a lo largo de la costa del Cabo Cañaveral. El Panhandle recibe tanta cantidad de lluvia porque posee dos temporadas lluviosas, una durante el invierno, cuando los frentes atraviesan trayendo lluvia, y la otra en el verano, cuando cae la lluvia de convección. La precipitación frontal juega un papel mucho menor en la precipitación anual a medida que uno se aleja más hacia el sur de la península. La mitad de la precipitación del Panhandle ocurre durante los meses calurosos entre mayo y agosto; en Florida central, la precipitación en el verano es entre 60 y 65 por ciento del total anual. En los Cayos y el extremo suroeste de la península, sube a más del 70 por ciento. Los sitios de la costa, incluyendo los Cayos, reciben menos

lluvia que las áreas más cercanas en el interior porque las áreas costeras no proveen un medioambiente tan bueno como para el calentamiento por convección.



Figura 3. Divisiones climáticas de Florida.

## Aplicaciones de los Pronósticos Climáticos en la Agricultura en Florida

Investigaciones previas asociadas a las aplicaciones potenciales de los pronósticos estacionales a largo plazo en Florida indicaron que ciertas industrias relacionadas a la agricultura podrían beneficiarse con los pronósticos climáticos. Trabajos anteriores que trataban sobre el manejo del césped (Miller et al. 2001), tomate (Breuer et al. 2004) y varios cultivos en hilera han indicado los beneficios potenciales de las estrategias para la toma de decisiones basadas en el clima.

También se ha utilizado el pronóstico climático para recomendar la siembra de pasturas de invierno para productores de ganado en el Panhandle de Florida. El Boletín Informativo sobre Ganadería y Forraje de Extensión del Condado de Jackson (Vol. 3, No. 3; Otoño 2002) recalcó la fase próxima de El Niño y el aumento de la precipitación de invierno asociada como una oportunidad potencial para la producción de buenas pasturas. Además, advirtió también sobre la posibilidad de que en los suelos bajos no prosperarían los granos de invierno. Un productor de papas en el sur de Florida también comentó sobre el aumento de la productividad tomando

acciones simples, tales como limpiar los desagüeros de los campos antes de la llegada de El Niño para manejar mejor el aumento durante las precipitaciones en el invierno.

La utilidad del pronóstico climático está asociada tanto al momento propicio como a la precisión del pronóstico. Un pronóstico perfecto será inútil si se lo entrega tarde a una parte interesada para la toma de decisiones. Lo mismo puede ser cierto para un pronóstico incorrecto entregado dentro de un marco de tiempo adecuado para tomar una decisión. Sin embargo, la exactitud es un concepto que merita más discusión, ya que los pronósticos son probabilísticos por naturaleza y son correctos por definición la mayoría de las veces. El hecho de que un evento de probabilidad baja o muy baja suceda no significa que el pronóstico estaba errado, a pesar de las consecuencias no deseadas. Uno debe reconocer que la interpretación de los pronósticos y sus riesgos asociados son tan importantes como los pronósticos mismos.

La identificación de ambas clases de decisiones que pueden beneficiar a los pronósticos climáticos en varios sectores agrícolas y el tipo de pronóstico requerido constituyen los primeros pasos hacia la implementación de servicios climáticos dinámicos y relevantes en Florida. La Tabla 3 enumera una serie de decisiones que pueden beneficiarse con los pronósticos climáticos dentro de tres industrias relacionadas a la agricultura.

El Consorcio de Climas del Sureste (SECC), formado por ocho universidades en Alabama, Florida, Georgia y Carolina del Norte, se encuentra implementando un sistema de apoyo a la toma de decisiones basado en Internet (<http://www.agroclimate.org>) que provee agentes de extensión, agricultores y administradores de recursos naturales con herramientas para reducir riesgos asociados a la variabilidad climática. El sitio de Internet de AgroClimate comprende un pronóstico climático para la región del sureste y guías de manejo para los productos agrícolas más importantes en la región, incluyendo preparación de la tierra, variedades y recomendaciones generales para las prácticas culturales. También incluye herramientas para analizar el riesgo del rendimiento

de cultivo basado en modelos e impactos históricos de la variabilidad climática para productos seleccionados.

## Bibliografía

Black, R. J. 1993. *Florida Climate Data* (IFAS Publication Circular EES-5). Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.

Breuer, N., Gilreath, P., McAvoy, G. M., Letson, D., and Fraisse, C. 2004. *Using Seasonal Climate Variability Forecasts: Risk Management for Tomato Production in South Florida*. Florida Cooperative Extension Service, Gainesville, Florida. IFAS Publication CIR 1450.

Jagtap, S. S., Jones, J. W., Hildebrand, P., Letson, D., O'Brien, J. J., Podesta, G., Zierden, D., and Zazueta, F. 2002. Responding to Stakeholder Demands to Climate Information: From Research to Applications in Florida. *Agricultural Systems* 77:415-430.

Miller, G. L., Park-Brown, S., Stiles, C., Dukes, M., Royce, F., Jones, J. W., Zazueta, F. S., and Zierden, D. 2001. *Climate-based Management of Lawns*. Florida Cooperative Extension Service, Gainesville, Florida. IFAS Publication AE319.

Winsberg, B., Zierden, D., and O'Brien, J. 2003. *Climate of Florida*. NOAA-NCDC Clim60 Publication Series.

**Tabla 1.** Promedios de Precipitación y Temperatura Mensual para Cada División Climática en Florida.

División Climática	Totales Promedio de Precipitación (pulg.)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	5.74	4.73	6.29	3.76	4.32	6.13	7.95	6.66	5.73	3.53	4.20	4.09	63.13
2	4.20	3.43	4.48	3.10	3.30	6.16	6.73	7.22	5.81	3.34	2.55	3.03	53.35
3	3.20	2.92	3.96	2.56	3.64	6.87	6.94	7.12	6.21	3.02	2.58	2.56	51.58
4	2.58	2.69	3.32	2.23	3.65	7.03	7.24	7.54	6.81	3.29	2.43	2.27	51.08
5	2.19	2.02	2.60	2.27	4.31	8.34	7.27	7.69	7.08	3.50	2.28	1.71	51.26
6	2.62	2.44	2.91	3.33	5.67	8.51	6.14	7.70	8.15	5.81	3.97	2.41	59.66
7	2.39	1.66	2.14	1.97	3.53	5.63	3.35	5.29	6.06	4.89	2.71	2.05	41.67
División Climática	Temperatura Promedio (°F)												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio
1	50.5	54.3	60.4	66.3	73.7	79.4	81.4	80.9	77.4	67.9	60.0	52.7	67.0
2	53.6	57.3	62.9	67.9	74.7	79.7	81.6	81.2	78.3	70.4	63.0	55.8	68.6
3	58.3	61.2	66.1	70.2	76.1	80.3	81.7	81.6	79.9	73.5	66.9	60.5	71.1
4	61.2	63.7	67.8	71.4	76.8	80.6	81.9	82.0	80.7	75.4	69.2	63.3	72.5
5	63.8	65.9	69.6	72.9	77.6	81.1	82.3	82.4	81.5	77.0	71.5	66.0	74.2
6	67.1	68.6	71.7	74.5	78.4	81.3	82.5	82.8	81.9	78.7	73.9	69.4	75.4
7	69.8	70.5	73.3	76.6	80.3	82.9	84.3	84.2	83.0	79.7	75.8	71.4	77.7

**Tabla 2.** Características Climáticas de las Estaciones durante Fases Neutra, El Niño y La Niña.

Fase	Estaciones			
	Oct-Dic	Ene-Mar	Abr-Jun	Jul-Sep
El Niño	Lluviosa Fría	Muy Lluviosa Muy Fría	Algo Seco	Normal
La Niña	Seca Poco Calurosa	Muy Seca Muy Calurosa	Poco Lluviosa	Normal Poco Fresca
Neutra	Normal	Normal	Normal	Normal

**Tabla 3.** Ejemplos de Decisiones Que Pueden Beneficiarse con Pronósticos Climáticos Estacionales.

Sector	Decisión	Pronóstico Requerido
Cultivos en Hileras	Selección de Variedades	Precip. y Temperatura
	Cuanta superficie plantar	Precip. y Temperatura
	Anticipar compra de fungicidas	Precip. y Temperatura
	Pedir mayor o menor cantidad de herbicidas	Precipitación
	Aplicar mayor o menor cantidad de fertilizantes o variar la frecuencia de la misma	Precipitación
	Vender o retener granos	Precipitación
	Afinar estrategias de mercadeo	Precip. y Temperatura
Ganado	Plantar forrajes de invierno	Precip. y Temperatura
	Anticipar compras de alimentos para evitar precios altos	Precip. y Temperatura
	Ajustar carga de ganado	Precip. y Temperatura
Forestería	Plantar especies y variedades resistentes a la sequia	Precipitación
	Preparar cosecha en tierras inundables antes del invierno	Precipitación
	Preparar cosecha en tierras altas y secas	Precipitación
	Preparar recursos para monitoreo de incendios	Precipitación