

## **Programa de Asistencia Holandés para Estudios de Cambio Climático**

### **Proyecto de Evaluación del Impacto del Cambio Climático sobre la Producción Agrícola de Costa Rica**

Roberto Villalobos Flores  
José Alberto Retana  
Instituto Meteorológico Nacional

#### **RESUMEN**

El objetivo general del proyecto fue estudiar el impacto de un cambio climático sobre los cultivos agrícolas de frijol, papa y café en las principales regiones de producción en Costa Rica. Específicamente se analizó el efecto de variaciones en la temperatura del aire y la precipitación sobre la fisiología general y los rendimientos del cultivo de frijol en la Región Huetar Norte y de los cultivos de café y papa en la Región Central de Costa Rica.

El cultivo del frijol es una actividad agrícola tradicional de gran importancia socioeconómica, puesto que esta leguminosa de grano es la de mayor consumo en el país, constituyéndose en la principal fuente de proteína (18 a 25%) para la población de menores recursos económicos. En la última década la zona norte del país se ha convertido en la principal región productora de semilla, dadas las condiciones climáticas, edafológicas y sociales.

La producción de papa se concentra mayormente en la zona norte de la provincia de Cartago. Es la actividad prioritaria dentro de la producción agropecuaria de la zona. Constituye la principal fuente de ingresos para los productores y contribuye a ofrecer al mercado local la principal fuente de energía. La papa es el tercer producto de importancia por consumo, luego del arroz y los frijoles.

El cultivo del café es la actividad de mayor importancia socioeconómica del país, aportando el 20% del PIB, generando el 37% de divisas y contribuyendo a la creación de empleo (absorbe el 13.8% de la población económicamente activa). El área que concentra la mayor producción de café en el país, es la Región Central.

Para estudiar los efectos de las variaciones del clima sobre la fisiología productiva de los cultivos, se utilizaron básicamente modelos computacionales de simulación del crecimiento. Para el caso del frijol y la papa, se trabajó con los modelos CROPGRO-Dry bean y SUBSTORE-Potato respectivamente, contenidos dentro del sistema DSSAT (Sistema de Soporte de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología, en sus siglas en inglés) desarrollado en la Universidad de Florida, Estados Unidos. Este sistema integra bases de datos edáficas, climáticas, agrícolas y de manejo en finca. Estas bases de datos conforman los archivos de entrada necesarios para alimentar los modelos de simulación de crecimiento de cultivos. El DSSAT permite modificar el archivo de clima (datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y radiación solar) para construir escenarios futuros de cambio climático. Estos escenarios son los recomendados por el Proyecto de Cambio Climático Centroamericano (PCCC), de los cuales se analizaron 23 tratamientos ensayados en las corridas del modelo para estudiar el efecto sobre el cultivo.

En el caso del café, se utilizó el modelo COFFEA desarrollado en Costa Rica como tesis de doctorado por el ingeniero agrónomo Oscar Rojas. Este modelo consta de tres módulos (crecimiento, fenología y balance hídrico) y permite estimar la biomasa en granos y por lo tanto el rendimiento. El modelo debe ser alimentado con datos diarios de precipitación, temperatura máxima, temperatura mínima y evapotranspiración. Para crear los escenarios climáticos se modificó el archivo básico de clima.

Para calibrar los modelos DSSAT bajo condiciones nacionales, se montaron ensayos de campo en localidades representativas de las principales zonas productoras de frijol y papa. Los resultados obtenidos de las pruebas de calibración fueron exitosos. La validación de los modelos se realizó por correlación (regresión lineal simple) de rendimientos reales según la estadística agrícola oficial a nivel de cantón y los rendimientos estimados por los modelos. El coeficiente de determinación para el modelo CROPGRO-Dry bean fue de 0.97, mientras que para el modelo SUBSTORE-Potato fue de 0.85. Para el modelo COFFEA, no se realizó algún ensayo de campo ya que el modelo se había calibrado para condiciones de la Región Central de Costa Rica. La validación se realizó por correlación de rendimientos observados y estimados, mediante regresión lineal simple. El coeficiente de determinación fue de 0.48. Para todas las validaciones se calculó además, un índice de concordancia estadística.

Según el criterio del Programa Centroamericano para Cambio Climático (PCCC), los rangos de variación máxima en la precipitación diaria para Costa Rica estimados por Modelos de Circulación General son  $-20$  y  $+20\%$ , mientras que la variación moderada sería entre  $-10$  y  $+10\%$ . Las variaciones en la temperatura media se establecieron en  $+1$  y  $+2^{\circ}\text{C}$ . Con este criterio se propusieron 23 escenarios climáticos donde se consideraban efectos combinados y aislados de las variaciones máximas y moderadas de la precipitación, junto con incrementos de temperatura máxima y temperatura mínima, así como el efecto de la duplicación de la concentración de  $\text{CO}_2$ . Este último efecto solo se evaluó en los modelos de DSSAT, que permiten este tipo de ensayos.

Para montar estos tratamientos en los archivos de clima que alimentaron los modelos, se diseñó una metodología de agrupación de años con características pluviométricas semejantes, con el fin de poder caracterizar un año climatológicamente normal. Una vez determinados los años normales de un registro, se escogió uno para montar sobre él, las variaciones del clima propuestas.

Los resultados indican que tanto para frijol como para papa, los tratamientos incrementales en la temperatura, combinados con variaciones (máximas y moderadas) de la precipitación, producen una disminución importante de los rendimientos. El elemento que mayor peso tiene en este efecto observado es la temperatura. Aún y cuando el efecto aislado de aumentos en la precipitación diaria tiende a aumentar los rendimientos, cuando se combina con incrementos de  $+1$  y  $+2^{\circ}\text{C}$  en la temperatura, se observa que los rendimientos empiezan a disminuir. Las disminuciones más importantes se obtuvieron con los tratamientos que usan  $+2^{\circ}\text{C}$ . Cuando se separan los efectos de temperatura máxima y temperatura mínima, se encontró que las mayores disminuciones en los rendimientos fueron causadas por la temperatura máxima (diurna). Por lo tanto, la producción de materia seca por unidad de agua utilizada por estos cultivos va a depender de la eficiencia de uso del recurso hídrico bajo condiciones térmicas específicas. En cuanto al efecto de una duplicación de la concentración de  $\text{CO}_2$  ambiental, se observó que los rendimientos tienden a aumentar. Esto se debe al efecto fertilizante al reaccionar positivamente ante la fijación de nitrógeno atmosférico y liberación de fosfatos en el suelo. Además, aumenta la tasa fotosintética y la producción de biomasa en las plantas  $\text{C}_3$ , por lo que se mejora la utilización del recurso hídrico. A pesar de este efecto, cuando se combinó con tratamientos incrementales de la temperatura, solo en el cultivo de papa se logró obtener rendimientos mayores al testigo. En frijol, aún y cuando la tendencia de la utilización de  $\text{CO}_2$  es de aumentar los rendimientos, éstos no igualaron el del tratamiento testigo.

En el cultivo del café, el efecto de incrementar la temperatura ambiental, tiende a elevar los rendimientos, principalmente cuando el aumento es de  $+2^{\circ}\text{C}$  sobre la temperatura máxima. De hecho, esta es la temperatura que más peso tiene sobre la tendencia. Esto probablemente se deba a que las condiciones ambientales de la zona de referencia de estudio, permiten aún aumentar la temperatura sin llegar a alcanzar niveles supraóptimos que inhiban el proceso fotosintético. Con relación a la precipitación, se observó que aumentos en los niveles pluviométricos se traducen en elevaciones de los rendimientos. En resumen, los mejores resultados se alcanzan con altas temperaturas diurnas y un buen suministro hídrico que permita causar un estímulo en la partición a floración.

Costa Rica es vulnerable al impacto de las anomalías climáticas, que vienen a afectar la estructura socioeconómica del país. El sector agrícola, representado por los cultivos de frijol, papa y café, resultó ser sensible a los escenarios climáticos estudiados. Los resultados indican que la productividad de los cultivos fue afectada, sin embargo, se presume que toda la estructura socioeconómica de la comunidad laboral se modificaría dependiendo de la intensidad en que los efectos de la variabilidad climática se manifiesten. La influencia por lo tanto será en el suministro alimenticio regional, en los ingresos de las explotaciones, en las tasas de actividad económica y en el empleo rural.

Los resultados obtenidos muestran la necesidad de realizar nuevos estudios de zonificación agrícola dado el posible desplazamiento de las fronteras agrícolas y su entorno socioeconómico por efecto del cambio climático. Es necesario además estudiar y evaluar profundamente las medidas de adaptación de las comunidades involucradas, lo cual permitiría que los tomadores de decisión del sector gubernamental y del privado, ajustaran sus políticas sobre estrategias de mitigación a la variabilidad climática.

La exploración por modelos computarizados de efectos a futuro causados por un cambio climático sobre la agricultura es promisoría.