

**“VALIDACION DEL MODELO DE SIMULACION CERES – MAIZ (*Zea mays*)  
DEL SISTEMA DSSAT, EN LA ESTACION EXPERIMENTAL SANTA  
CATALINA DEL INIAP”.**

**ROQUE TAPIA BRAVO**

**TESIS DE GRADO PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO**

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRICOLAS**

**QUITO**

**2000**

## VI. RESUMEN

El maíz (*Zea mays*), constituye uno de los cultivos de mayor importancia en nuestro país, tanto por la superficie cultivada (más de 300 000 ha), como por las diversas formas de aprovechamiento que tiene el hombre de esta planta, entre estas podemos mencionar: alimentación humana, en tierno y en seco; forraje para ganado vacuno y grano seco para aves y cerdos, entre las más importantes. Por tales razones la investigación para esta especie resulta prioritaria, en la perspectiva de generar tecnología que permita mejorar la producción y productividad del maíz, sin embargo los recursos necesarios para ello son cada vez más escasos, planteándose entonces la necesidad de buscar otras alternativas para lograr. Una de estas alternativas es el uso de modelos de simulación, los mismos que intentan emular los procesos biológicos de la planta, con la finalidad de establecer alternativas tecnológicas que permitan realizar un eficiente asesoramiento a los productores.

Este trabajo se desarrolló en la Sección Oriental de la Estación Experimental Santa Catalina del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), y cuyo objetivo general fue: “Determinar la confiabilidad de aplicación del modelo de simulación CERES-Maíz, del sistema DSSAT, en las condiciones de clima y de suelo de la Sección Oriental de EESC – INIAP”. En tanto que los objetivos específicos fueron: 1. Obtener los coeficientes genéticos de las variedades utilizadas para esta investigación. 2. Validar el modelo de simulación CERES - Maíz, del sistema DSSAT.

Para satisfacer el primer objetivo específico se estableció un ensayo denominado: Evaluación de siete variedades de maíz de altura, siendo las variedades: INIAP-181, INIAP-180, INIAP-160, INIAP-151, INIAP-122, Mishca e INIAP-122 x Mishca, se utilizó un Diseño de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. En éste se evaluaron las siguientes variables: Días a la floración, días a la madurez fisiológica, número final de hojas, biomasa a la cosecha, nitrógeno en la biomasa, número de granos por mazorca, número de granos por metro cuadrado, peso por grano, rendimiento de grano, porcentaje de nitrógeno en el grano, nitrógeno en el grano e índice de cosecha. Con la información de campo se determinó los coeficientes genéticos de las variedades

anotadas, los cuales constituyen uno los inputs más importantes que requiere el modelo de simulación CERES – Maíz.

En la consecución del segundo objetivo, se obtuvo información de dos ensayos adicionales, tanto del desarrollo de los ensayos, tales como fecha de siembra, emergencia, labores, fertilizaciones, entre las más importantes; así como las siguientes variables evaluadas: días a la floración, número de granos por mazorca, número de granos por metro cuadrado, peso de grano, rendimiento de grano, porcentaje de nitrógeno en el grano y nitrógeno en el grano.

Para completar la información necesaria que requiere el modelo en su funcionamiento hay que mencionar variables climáticas como: radiación solar, temperatura máxima, temperatura mínima y precipitación; todas con mediciones diarias. Así mismo parámetros de suelo, tales como: 1. Aspectos generales.- clasificación del suelo (local y taxonómica), horizontes existentes en el perfil. 2. Características físicas.- textura, color, pedregosidad, profundidad, pendiente, drenaje, permeabilidad. 3. Características químicas: capacidad de intercambio catiónico, pH, saturación de bases. 4. Características nutricionales.- contenido de nitrógeno total, contenido de fósforo, materia orgánica. 5. Otros.- cantidad de raíces en cada horizonte.

En la consecución del segundo objetivo se recogió información de dos ensayos, denominados de la siguiente manera: 1.- Evaluación de los testigos del Banco de Germoplasma, y 2.- Evaluación de dos variedades de maíz (*Zea mays*), en tres fechas de siembra. En cada uno de estos ensayos se estableció la siguiente información: fecha de siembra, fertilizaciones, labores culturales, controles fitosanitarios, fecha de cosecha. Además se procedió a determinar las siguientes variables: días a la floración, rendimiento de grano, peso por grano, número de granos por mazorca, número de granos por metro cuadrado, porcentaje de nitrógeno en el grano, cantidad de nitrógeno en el grano.

Con la información de clima, de suelo y de manejo de los ensayos se procedió a conformar los archivos pertinentes en el sistema DSSAT (Sistema de Soporte en la Toma de Decisiones para la Transferencia de Agrotecnología), para posteriormente realizar las

corridas respectivas del modelo y obtener datos simulados de las diferentes variables que el modelo genera. A continuación se comparó estadísticamente los datos reales con los datos generados por el modelo, llegando a establecerse las siguientes conclusiones y recomendaciones:

- La obtención de coeficientes genéticos al haber sido realizada mediante la calibración del modelo, implica necesariamente que los valores obtenidos tengan un margen de error. Por lo tanto sería conveniente que en posteriores años de investigación en el cultivo de maíz, se reajusten los coeficientes genéticos, para que el modelo realice una predicción más precisa de los rendimientos que se podrían obtener de las variedades de maíz de las cuales se obtuvo dichos coeficientes.
- Los coeficientes genéticos que determinan el desarrollo fenológico de la planta, son P1 y P5, y éstos potencialmente influyen en la mayor cantidad de variables que simula el modelo. Esto resulta lógico tomando en consideración que el rendimiento, así como variables relacionadas con éste, están influenciados por el comportamiento de la planta durante los primeros estados de la planta. Mientras que los coeficientes G2 y G3 rigen exclusivamente el comportamiento de la variable rendimiento y aquellas inherentes a ésta. En último término el coeficiente denominado PHINT, influye de manera más directa en el número final de hojas de la planta, y por consiguiente en el rendimiento final de biomasa; sin embargo se observó también que el resto de variables ya sea de carácter fenológico o de rendimiento, están determinadas en mayor o menor grado por este coeficiente.
- En el Ensayo No 2 se estableció que la predicción del modelo no difería estadísticamente de la información de campo, en las variables: días a la floración, rendimiento de grano, número de granos por mazorca y por metro cuadrado, nitrógeno en el grano. Sin embargo en la variable peso de grano las diferencias estadísticas fueron significativas, con lo cual se estableció errores del modelo en lo concerniente a la predicción de esta variable, ante esto se considera como la posible causa, fallas en la determinación de las ecuaciones del modelo para la simulación del peso de grano.

- En el Ensayo 3 se ratificó la falta de ajuste del modelo en la predicción de la variable Peso de grano; además se encontró en éste, que las variables Nitrógeno en el grano y Porcentaje de nitrógeno en el grano también tuvieron desajustes, aunque no en todos los tratamientos, esto implica que a pesar de que se encontró diferencias estadísticas en estas variables, no es posible afirmar que sea netamente un error de predicción por parte del modelo, sino que fueron además otros factores los que coadyuvaron en el desajuste de estos dos grupos de datos.
- El modelo a pesar de presentar errores, demuestra que con los debidos ajustes puede llegar a ser una herramienta útil en la generación y transferencia de tecnología, por lo tanto es indispensable que las instituciones involucradas en estos campos (Institutos de Investigación, Universidades, ONGs, entre otras), tome en cuenta los requerimientos de información que necesita tanto el sistema DSSAT en general, así como el modelo CERES en particular. Esto es información detallada de suelo y clima en diferentes áreas, así como varios aspectos relacionados con el cultivo, tales como fecha de emergencia, estado del cultivo a la cosecha, entre otros.

## SUMMARY

Corn (*Zea mays*), is an important crop in our country, not only for the extensive surface used (more than 300,000 ha), as per its different applications, among them we can mention human feeding, in green and dry; forage for cattle, and in dry grain for birds and pigs, etc. These reasons explain the need to consider the investigation of this specie as a priority, with the perspective to generate technology that will improve its production and productivity; however, the necessary sources are scarce, creating the need to find other alternatives. One of the alternatives is the use of simulation models, which try to emulate the biological plant process, to establish technological alternatives for the producers that allow an efficient assessment.

This work was developed in the Oriental Section of Santa Catalina Experimental Station of the Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), which main objective was: “To establish the application reliability of the simulation model CERES-Corn, for DSSAT system, considering the weather and soils of the Oriental Section of EESC-INIAP”. The specific objectives were 1. To obtain the genetic coefficient of the varieties used for the investigation. 2. To validate the simulation model CERES-Corn, for DSSAT system.

To comply with the first specific objective we established a test called: Evaluation of seven varieties of height corn: INIAP-181, INIAP-180, INIAP-160, INIAP-151, INIAP-122, Mishca e INIAP-122 x Mishca, the design used was of Complete Blocks by chance, with four repetitions. The following variables were analyzed: days to flowering, days to physiological maturity, final number of leaves, biomass at harvest, biomass nitrogen, grain number per cob, grain number per square meter, grain weight, grain yield, nitrogen percentage per grain, nitrogen in the grain and harvest index. With the field information the genetic coefficient were determined for the stated varieties, which is one of the more important inputs required for CERES-Corn simulation.

The following information was obtained from another two tests to comply with the second objective: planting time, seed germination, cultural labor, fertilizations, among the more

important. Also, evaluation of the following variables: days to flowering, grain number per cob, grain number per square meter, grain weight, grain yield, nitrogen percentage in the grain, and nitrogen in the grain.

We took into consideration the following weather variables: radiation, maximum temperature, minimum temperature, and rainfall (all with daily measures). Also, soil parameters such as: 1. General aspects. - Soil classification (local and taxonomical), existing horizons in the profile. 2. Physical Characteristics: texture, color, stony, deep, slope, drainage, and permeability. 3. Chemical characteristics: capacity for cationic exchange, pH, bases saturation. 4. Nutritional characteristics: total nitrogen contained, phosphorus content, and organic material. 5. Other: roots amount on each horizon.

The two additional tests were called: 1. Evaluation of Germoplasm collections, and 2. Evaluation of two corn types (*Zea mays*), within three planting dates. The following data was established for each test: planting date, fertilization, cultural work, chemical controls, harvest date. The following variables were established also: days to flowering, grain yield, grain weight, grain number per cob, grain number per square meter, grain nitrogen percentage, amount of nitrogen per grain.

The DSSAT (Decision Support System for Agrotechnology Transference) system was organized with the information about weather, soil and handling available, to carry on the respective runs of the model to obtain the simulated data of the different variables generated by the model. Later on, we compared statistically the real data with the one generated by the model; the conclusion and recommendations are:

- Due to the model calibration, the genetic coefficient obtained had an error margin. It is important that for future investigations, the genetic coefficient will be adjusted to enable the system to produce more precise yields for the different varieties of corn used.
- The genetic coefficient that determined the plant phenological development was P1 and P5, and they influenced potentially in the major amount of variables that simulate the model. This is logic considering the yield, as well as the variables related to it

influence the plant behavior during its first stages. While the coefficient G2 and G3 govern exclusively the behavior of the yield variable, and those related to it. The coefficient called PHINT, influence more directly the final number of leaves in the plant and hence the final yield of biomass; it was observed that the outstanding variables, phenological or yield, are determined in mayor or minor degree by this coefficient.

- On Test 2, it was established that the prediction model did not differ statistically from the field data, with the following variables: days to flowering, grain yield, grain number per cob and square meter, nitrogen in the gain. The statistical differences in the grain weight were significative, showing errors related to the variable prediction. The possible cause could be failures determining the model weight equations.
- Test 3, ratified the lack of adjustment in the model prediction for grain weight variable. The variables for grain Nitrogen and Nitrogen percentage in the grain were not precise, although not in all the treatments, showing statistical differences in the variables, which is not really a prediction model error but there were other factors involved.
- Although the model presented errors, it showed that with the appropriate adjustments could be a handy tool for the generation and transfer of technology, making necessary the participation of all the organizations involved (Investigation institutions, Universities, NGO's, etc) take into consideration the information required for the DSSAT system, as well as for the CERES model.