

Evaluación de un modelo de rendimiento de maní como herramienta para la planificación y el manejo del cultivo

Seiler, R.A. y M. G. Vinocur

RESUMEN

El manejo de cultivos agrícolas así como la evaluación de las alternativas culturales más favorables, pueden ser realizados con éxito mediante modelos que simulen con precisión el sistema agrícola bajo análisis. Con el propósito de proveer un modelo para cultivo de maní, válido para esas aplicaciones, se procedió a la realización de ensayos con ese cultivo, en el área de Carnerillo y de Río Cuarto, en la provincia de Córdoba (Argentina). Con los datos fenológicos, fenométricos, meteorológicos y de suelos, obtenidos de tres campañas agrícolas en cada lugar, se ajustó el modelo PNUTGRO V1.02 de maní.

Las evaluaciones del comportamiento del modelo en ambos lugares geográficos, mostraron una adecuada estimación de las fechas de los estados fenológicos. El rendimiento de grano en Río Cuarto fue estimado con un error de 9,6 %, mientras que en Carnerillo fue de 18,8 %. Los errores en la simulación de la biomasa del cultivo fueron mayores, llegando al 32 % en Río Cuarto y al 16 % en Carnerillo. Las bondades encontradas, principalmente en la simulación del estado del cultivo y en el rendimiento en grano, plantean el uso de este modelo como promisorio.

Palabras clave: maní, modelos de cultivos, planificación

Seiler, R.A. y M. G. Vinocur. Evaluation of a peanut crop yield model as a tool for crop planning and management. Agriscientia, XII (Special Issue): 53-59

SUMMARY

Crop management and the evaluation of strategies for better agricultural crop performances may be successfully achieved by using crop growth models. In order to provide a peanut crop growth model for such purposes, experimental trials were developed in the area of Carnerillo and Río Cuarto in the Province of Córdoba, Argentina. Using experimental data from the crop, meteorological data and soil data from three crop seasons for each area, the PNUTGRO V1.02 peanut crop growth model was calibrated.

Model evaluations in both experimental sites have shown satisfactory estimations of the dates of the phenological stages. The error in estimating grain yield in Río Cuarto was 9.6 % and 18.8 % in Carnerillo. Errors in the simulation of the biomass were greater up to 32 % in Río Cuarto and 16 % in Carnerillo. The goodness of the model, mainly in the simulation of the crop growth stages and the grain yield, shows the use of the model as promissory.

Key words: peanut, crop modeling, planning

Seiler R. A. y M. G. Vinocur, Departamento de Ecología Agraria Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional de Río Cuarto - Estafeta Postal N° 9 - 5800 Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

INTRODUCCIÓN

El desarrollo y utilización de modelos de cultivo en agricultura ha aumentado con rapidez en los años recientes. Las aplicaciones de los modelos comprenden numerosas posibilidades como la simulación de rendimientos de los cultivos y de distintos procesos de la planta, la evaluación de alternativas culturales y de manejo, la planificación del cultivo, análisis de riesgo (Jones and Kiniry, 1986; Boggess, 1989; Jones, 1989; Ritchie, 1989).

Evaluaciones previas al establecimiento del cultivo, tales como la selección de variedades, las fechas de emergencia, espacio entre surcos, densidad de siembra para diferentes tipos de suelos y condiciones agrometeorológicas, pueden realizarse mediante modelos de base física-fisiológica de simulación de crecimiento y desarrollo de cultivos (Whisler *et al.*, 1993). Miller *et al.* (1993) utilizó un modelo de simulación de crecimiento, desarrollo y rendimiento en arroz para planificar y valorar condiciones de manejo y estrategias de cultivo. Los modelos de simulación de cultivos permiten también la evaluación de la variabilidad de los rendimientos y de la producción ante los efectos de los cambios climáticos (Decker *et al.*, 1991; Rosenzweig and Parry, 1993).

Los modelos utilizados para propósitos como los señalados anteriormente y aun los que incorporan para la simulación la base fisiológica actualmente disponible sobre los distintos procesos físico-biológicos, consideran en sus estructuras parámetros empíricos. Esta condición determina la necesidad de trabajos de ajuste y de validación de los modelos, previo a la utilización de los mismos como herramienta operativa.

El objetivo de este trabajo fue lograr un modelo ajustado regionalmente y confiable en su aplicación, para la evaluación de alternativas de manejo y para planificación en el sistema productivo de maní.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ensayo de campo

Durante tres campañas agrícolas consecutivas y en proximidad de las localidades de Carnerillo y de Río Cuarto, provincia de Córdoba (Argentina), se efectuaron ensayos con cultivo de maní (*Arachis hypogaea* L.), a cargo de la Cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la

Universidad Nacional de Río Cuarto (Tabla 1). El lugar del ensayo en Carnerillo fue en el campo de un productor, ubicado sobre la Ruta N° 155, a 5 kms de esa localidad. En Río Cuarto el ensayo se situó en el campo experimental del campus de la Universidad Nacional.

Tabla 1: Referencias geográficas de los lugares de ensayos experimentales y datos correspondientes a las campañas agrícolas de cultivo de maní realizadas.

Lugar	Latitud	Longitud	Fecha de Siembra	Densidad de plantas a cosecha (pl/m ²)
Carnerillo	32° 55' S	64° 02' S	14-11-90	14
			27-11-91	16
			04-12-92	6
Río Cuarto	33° 07' S	64° 14' W	06-12-91	12
			07-12-92	12
			03-12-93	15

En Carnerillo, en cada uno de los años, los ensayos se delimitaron dentro de un lote de maní sembrado por el productor, bajo un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos (con y sin control de viruela de maní) y cuatro repeticiones. Cada parcela experimental fue de seis surcos, separados 0,70 m entre sí y de 10 m de largo. En Río Cuarto el diseño fue en ocho parcelas de cinco surcos cada una, de iguales dimensiones que en Carnerillo, cuatro sin riego y cuatro con riego. A ambos tratamientos se les efectuó control de viruela de maní. El cultivar de maní utilizado en los dos lugares de experimentación fue tipo runner (cultivar Florman, semilla no original), efectuándose en todos los casos las prácticas culturales corrientes en la zona.

En los ensayos se realizaron determinaciones de humedad de suelo, por el método gravimétrico, en el momento de la siembra y luego semanalmente hasta cosecha. Las determinaciones se efectuaron en cada una de las parcelas, hasta un metro de profundidad en Carnerillo y hasta dos metros de profundidad en Río Cuarto y a intervalos de muestreo de 0,20 m en cada punto de medición.

El área foliar y la biomasa del cultivo se determinaron con una frecuencia mensual hasta cosecha, a excepción de Carnerillo para la

campana 1990-91 en que el área foliar fue determinada cada 15 días. Para las mediciones se extrajeron plantas de una superficie de un metro cuadrado. De cada muestra se separaron tallos y hojas, secándolos en estufa a 80°C hasta peso constante. El área foliar fue determinada con medidor electrónico, tomando hojas al azar de las muestras anteriores. En algunas campañas se utilizó un planímetro para la determinación del área foliar por no disponer del medidor electrónico.

El rendimiento en grano del cultivo se obtuvo al momento de la cosecha por igual procedimiento de muestreo señalado anteriormente.

Semanalmente se realizaron observaciones fenológicas sobre las parcelas para determinar el estado de evolución del cultivo.

Observaciones diarias de temperaturas máximas, temperaturas mínimas y precipitación durante los ciclos de cultivo se obtuvieron de estaciones emplazadas en los respectivos lugares de ensayo. La radiación solar diaria fue estimada para Río Cuarto (Seiler, 1980), utilizándose los mismos valores para ambos lugares de ensayo. Las constantes de suelo de Carnerillo para un Haplustol típico, fueron extraídas de la Carta de Suelos de la República Argentina (INTA-MAGyRR, 1991), mientras que para Río Cuarto, correspondiendo a un Hapludol típico, los valores se obtuvieron de determinaciones existentes en el Departamento de Ecología Agraria de la Universidad.

Modelo de cultivo

El modelo utilizado en este trabajo fue PNUYGRO V1.02 de cultivo de maní (Boote *et al.*, 1989). El mismo corresponde a un modelo de tipo determinístico o de procesos orientados, con un amplio espectro de potenciales aplicaciones. Los autores señalan como objetivos del desarrollo inicial de ese modelo, la posibilidad de integrar el conocimiento existente sobre los aspectos fisiológicos, ambientales y de manejo, durante el crecimiento y el desarrollo del cultivo de maní, a los fines de proporcionar una herramienta de aplicación para estrategias de manejo y de toma de decisiones. Las características del modelo, así como los datos necesarios para su funcionamiento están sintetizados en Ravelo y Dardanelli (1993).

Los modelos de simulación de crecimiento de cultivos en general, consideran las siguientes variables (Maas, 1992): variables de estado, tales como área foliar o materia seca, las cuales

describen el estado del cultivo en un tiempo determinado; variables motoras, como temperatura, radiación, determinantes de los cambios en el cultivo bajo simulación y los parámetros, que determinan la respuesta de las variables de estado a las variables motoras. También es necesario tener en cuenta las condiciones iniciales de las variables de estado del modelo, las cuales deben ser establecidas al comienzo de la simulación. De acuerdo a estas variables, el modelo de maní fue ejecutado con los datos correspondientes a cada uno de los lugares experimentales y ajustado en sus parámetros, para cada uno de los ciclos del cultivo llevados a cabo.

Para evaluar el comportamiento del modelo en la simulación de rendimiento de grano y de biomasa en las diferentes campañas, se calcularon el Error Medio Absoluto (EMA) y la Raíz del Cuadrado Medio del Error (RCME) (Willmott, 1982). Estos indicadores numéricos son expresados de la siguiente forma:

$$EMA = N^{-1} \sum_{i=1}^N |\hat{Y}_i - Y_i|$$

$$RCME = [N^{-1} \sum_{i=1}^N (\hat{Y}_i - Y_i)^2]^{0.5}$$

donde \hat{Y}_i es el valor estimado en el i^{th} ensayo y Y_i es el valor observado en el i^{th} ensayo; $i = 1, \dots, N$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ajuste del modelo de maní para cada lugar de ensayo y para cada campaña agrícola, permitió obtener los coeficientes del modelo correspondientes a la mejor relación entre los resultados fenológicos y fenométricos observados o medidos y los simulados.

Luego de las pruebas iniciales, la campana 1992/93 de Carnerillo fue descartada del análisis, por deficiencias del ensayo atribuibles a un inadecuado poder germinativo de la semilla y a una excesivamente baja densidad de plantas a cosecha. Los datos de cultivo utilizados en este trabajo fueron los correspondientes a los tratamientos de secano y con control de viruela de maní.

A partir de esos ajustes individuales se procedió a efectuar para Río Cuarto, promedios móviles de los parámetros respectivos de dos campañas por vez, utilizándose los parámetros

promedio para estimar una tercera campaña. De esta manera se obtuvieron tres simulaciones independientes de los datos utilizados para el ajuste del modelo.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la simulación de los estados fenológicos y de componentes del rendimiento para Río Cuarto. El modelo simula la fenología del cultivo en

buena correspondencia con las fechas observadas. Debe tenerse en cuenta que los valores observados provienen de visitas semanales al cultivo y en días fijos, por lo tanto, parte de la diferencia puede deberse a una situación de desfase entre la fecha de ocurrencia real del fenómeno y la del día de la observación.

Con los datos disponibles de estos ensayos,

Tabla 2: Comportamiento del modelo PNUTGRO V1.02, en cada campaña agrícola de cultivo de maní en Río Cuarto, utilizando para cada una de ellas, los coeficientes promedio de ajustes de las dos campañas restantes.

Variables	Campaña								
	1991-92			1992-93			1993-94		
	Sim.	Obs.	Dif.	Sim.	Obs.	Dif.	Sim.	Obs.	Dif.
Fechas (días Jul.)									
R1	22	24	- 2	20	16	+ 4	15	16	- 1
R4	51	57	- 6	51	47	+ 4	48	48	0
R6	64	67	- 3	66	59	+ 7	60	61	- 1
R8	146	133	+ 13	121	136	- 15	133	132	+ 1
Rendimiento (Kg/ha)									
Caja + grano	2860	2590	+ 10,4	3750	3586	+ 4,6	2000	2358	- 15,2
Grano	2140	1998	+ 7,1	2740	2805	- 2,3	1430	1759	- 18,7
Biomasa en R8	6130	5381	+ 13,9	10140	6608	+ 53,5	7870	7330	+ 7,4
Peso/semilla (g)									
Peso/semilla (g)	0,490	0,494	- 0,8	0,377	0,499	- 24,4	0,609	0,476	+ 27,9
Semillas/m ²	437	402	+ 8,7	726	549	+ 32,2	235	370	- 36,5
Semillas/caja	1,82	1,68	+ 8,3	1,83	1,66	+ 10,2	1,68	1,83	- 8,2
Indice área foliar máximo	1,84	3,03	- 39,3	3,87	2,45	+ 57,9	2,76	2,02	+ 36,6

R1: Inicio de floración; R4: Caja desarrollada; R6: Semilla desarrollada; R8: Madurez a cosecha. Sim: Simulado; Obs: Observado; Dif: Diferencia=(Sim. - Obs.), en días, para estados R1 a R8; Diferencia=[Sim. - Obs.]/Obs.] * 100, para el resto de las variables.

las diferencias observadas en las fechas de cosecha no pueden atribuirse a una debilidad del modelo, dado que la decisión del momento de cosecha en maní, en la situación productiva concreta surge, entre otras consideraciones, de muestreos para comprobación de madurez, pero también de condiciones agrometeorológicas actuales y posibles a futuro, de la situación sanitaria del cultivo, de la disponibilidad de maquinaria

El rendimiento de grano descascarado, fue simulado con buena precisión, excepto para la campaña 1993-94 en la que el modelo subestimó el rendimiento en un 18,7 %. La simulación del peso de semilla y de semillas por m² mostró mayores diferencias y variabilidad entre las campañas de cultivo. En la simulación de área foliar y de biomasa del cultivo, el modelo produjo, en la mayoría de los casos, sobrestimaciones respecto de los valores medidos (Tabla 2).

En la estimación del rendimiento en grano descascarado, el EMA fue de 178,7 kg.ha⁻¹ y la RCME de 210,26 kg.ha⁻¹, lo que equivale a un 9,6 % de error respecto del promedio de los rendimientos observados. Para la biomasa, el EMA fue de 1607 kg.ha⁻¹ y la RCME de 2107,7 kg.ha⁻¹, equivalente a un 32,7 % de error en relación al promedio de los valores observados.

Utilizando el modelo con los coeficientes promedio de las tres campañas de Río Cuarto, se procedió a estimar el comportamiento del cultivo de maní en Carnerillo, en las campañas 1990/91 y 1991/92. Una subestimación constante de la fecha de cosecha en este lugar, determinó un ajuste local del coeficiente del modelo que regula la misma. El ajuste, el cual se limitó a ese único coeficiente, consistió en hacer coincidir la fecha estimada con la observación experimental. Los resultados se exponen en la Tabla 3. Respecto del rendimiento en grano descascarado, el EMA fue de 569 kg.ha⁻¹ y la RCME igual a 574,05 kg.ha⁻¹, equivalente a un error de 18,8 % respecto de la media de los rendimientos observados de las tres campañas. Para biomasa, la simulación produjo un EMA de 1138 kg.ha⁻¹ y una RCME de 1302,68 kg.ha⁻¹ (16,1 % de error respecto del promedio de producciones observadas). No obstante la magnitud de los errores de estimación en Carnerillo, es de destacar un aceptable comportamiento del modelo, considerando que ambas campañas representan para la región situaciones de rendimientos extremos, máximo y mínimo respectivamente.

Tabla 3: Comportamiento del modelo PNTGRO V1.02 en Carnerillo, utilizando coeficientes del modelo resultantes del promedio de los ajustes individuales de las tres campañas de Río Cuarto.

Variables	Campaña					
	1990-91			1991-92		
	Sim	Obs.	Dif	Sim.	Obs	Dif.
Fechas (días Julianos)						
R1	362	362	0	20	140	+ 6
R4	28	25	+ 3	48	45	+ 3
R6	40	44	+ 4	61	61	0
R8	108	108	0	126	126	0
Rendimiento (Kg/ha)						
Caja + grano	4910	5467	- 10,2	1920	2415	- 20,5
Grano	3710	4276	- 13,2	1250	1832	- 31,8
Biomasa en R8	11620	9848	+ 18,0	6780	6276	+ 8,0
Peso/semilla (g)						
Peso/semilla (g)	0,489	0,640	- 23,6	0,445	0,418	+ 6,5
Semillas/m2	758	663	+ 14,3	281	444	- 36,7
Semillas/caja	1,84	1,71	+ 7,6	1,67	1,76	- 5,1
Indice area foliar máximo						
Indice area foliar máximo	3,46	3,78	- 8,5	2,30	3,47	- 33,7

R1: Inicio de floración; R4: Caja desarrollada; R6: Semilla desarrollada; R8: Madurez a cosecha. Sim: Simulado; Obs: Observado; Dif: Diferencia=(Sim. - Obs.), en días, para estados R1 a R8, Diferencia=[(Sim. - Obs.)/Obs.] * 100, para el resto de las variables.

En un intento por mejorar el comportamiento del modelo mediante un conjunto único de coeficientes que contemple los ajustes individuales por campaña de ambos lugares geográficos, se efectuaron promedios móviles entre todos los grupos de coeficientes correspondientes a cada una de las campañas menos una, de manera de efectuar la simulación de la misma en forma independiente. El procedimiento demostró a través de los errores encontrados en las sucesivas simulaciones, la imposibilidad de obtener, en este caso, un ajuste general. En la Tabla 4 se presentan los valores de los parámetros de ajuste del modelo para Río Cuarto, siendo cada uno de ellos el promedio entre los ajustes para las tres campañas en el lugar. En la misma tabla se presentan para Carnerillo y para la campaña 1990/91, de alto

rendimiento, los coeficientes correspondientes al ajuste individual. Este ajuste se lo proporciona dado a que puede ser comparado con una situación de rendimiento potencial del cultivo, conocimiento este de utilidad para distintos propósitos.

CONCLUSIONES

El modelo PNUTGRO ajustado para condiciones locales, es una herramienta útil para simular el comportamiento de cultivos de maní en condiciones reales. La validación del modelo con datos de campañas de cultivo, independientes a los utilizados para el ajuste y de diferentes lugares geográficos, permite por los resultados obtenidos, visualizar la bondad del mismo para simular situaciones de cultivo a futuro o históricas y con aplicación regional.

Las ecuaciones de los distintos procesos contemplados por el modelo son probablemente las mejores disponibles y no deberían hacerse cambios sin un trabajo experimental exhaustivo. Los coeficientes del modelo presentan un rango de variabilidad y de sensibilidad que lo hacen factible de ajustar con escaso error, para cada geografía y año agrícola en particular.

La imposibilidad de lograr, con los datos disponibles hasta el momento, un ajuste de mayor precisión regional, indica la necesidad de continuar trabajos de investigación sobre el tema. También es recomendable profundizar respecto de la simulación de biomasa. Los ajustes obtenidos demuestran un buen comportamiento del modelo en la simulación de los distintos estados fenológicos del cultivo y en la producción de grano, condiciones que lo hacen útil para los objetivos que motivaron el presente trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ing. Agr. Ana Rivetti por su trabajo de determinación de la humedad del suelo en Río Cuarto; a la Srta María Fernanda Perpiñá por la colaboración prestada en las tareas de campo y procesamiento de las muestras y al Sr. Juan Carlos Bonacci, por su ayuda en la elaboración de archivos meteorológicos y procesamiento de muestras de los ensayos. Especial reconocimiento es brindado a la cátedra de Fitopatología de la Facultad por haber permitido compartir sus ensayos experimentales.

Tabla 4: Valores de los coeficientes genéticos del modelo PNUTGRO V1.02, resultantes del promedio entre los valores de los coeficientes ajustados para cada uno de los ciclos de cultivo en Río Cuarto y coeficientes ajustados para la campaña 1990-91, de más alto rendimiento, en Carnerillo.

Ajuste del Modelo			Ajuste del Modelo			Ajuste del Modelo		
Coficiente*	Carnerillo	Río Cuarto	Coficiente*	Carnerillo	Río Cuarto	Coficiente*	Carnerillo	Río Cuarto
VARTHR (1)	4.30	4.13	SDPDVR	1.71	1.84	TRIFOIL	0.350	0.373
VARTHR (2)	6.20	6.15	TRESH	80.00	77.83	SIZELF	22.0	20.0
VARTHR (5)	20.00	19.77	LNGSH	19.50	19.17	SLAVAR	200.0	181.67
VARTHR (6)	7.30	8.30	SHVAR	20.000	16.000	DETVEG	0	0
VARTHR (7)	27.30	25.50	SDVAR	19.200	15.667	CNMOB	0.29	0.029
VARTHR (8)	54.00	45.17	PODVAR	20.0	22.5	PGLF	1.384	1.384
VARTHR (9)	35.00	35.60	SHTHIC	0.03	0.03	PHFAC3	0.78	0.70
VARTHR (10)	63.40	51.77	XFRT	0.94	0.88			
LNGPEG	5.0	4.5						
LAGSD	9.0	10.0						

* Descripción de coeficientes según Boote *et al.* (1989).

BIBLIOGRAFIA

- Bogges, W.G., 1989. Using models in economic and risk analysis. In A. Weiss (ed). Proceedings of Climate & Agriculture-Systems Approaches to Decision Making. Charleston, South Carolina, 5-7 March 1989 pp. 213-228.
- Boote, K.J., J.W. Jones, G. Hoogenboom, G.G. Wilkerson and S. Jagtap, 1989. PNUYGRO V1 O2 Peanut crop growth simulation model. Tech. Doc.. Univ. of Florida, Gainesville, FL 76 pp.
- Decker, W.L., V.R. Achutani and G. Dhakhwa, 1991. Simulated effects of a doubling of carbon dioxide on corn production in portions of the Central U.S. Final report to U.S. Dept. of Energy. Coop. Inst. for Appl. Met., Dept of Atm. Sc -University of Missouri-Columbia. 37 pp.
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - Ministerio de Agricultura, Ganadería y Recursos Renovables de Córdoba, 1991. Carta de suelos de la República Argentina, Hoja 3363-14, General Cabrera. Plan mapa de suelos, Córdoba. 95 pp
- Jones, C.A. and J.R. Kiniry, 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A & M Univ. Press, College Station. 150 pp.
- Jones, J.W., 1989. Integrating models with expert systems and data bases for decision making. In A. Weiss (ed) Proceedings of Climate & Agriculture-Systems Approaches to Decision Making. Charleston, South Carolina, 5-7 March 1989 pp 194-211.
- Maas, S.J., 1992. GRAMI. A crop growth model that can use remotely sensed information. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, ARS-91. 78 pp.
- Miller, B.C., T.C. Foin and J.E. Gill, 1993. CARICE: A rice model for scheduling and evaluating management actions. Agron. J. 85(4):938-947
- Ravelo, A.C. y J.L. Dardanelli, 1993. Calibración y validación de un modelo de simulación de rendimiento para maní (*Arachis hypogaea* L.). Rev. de la Fac de Agron., U.B.A. (en prensa).
- Ritchie, J.T., 1989. Crop models and decision making: Scenario for the future. In A. Weiss (ed). Proceedings of Climate & Agriculture-Systems Approaches to Decision Making. Charleston, South Carolina, 5-7 March 1989. pp. 106-117.
- Rosenzweig, C. and M.L. Parry, 1993. Potential impacts of climate change on world food supply: A summary of a recent international study. In Agricultural dimensions of global climate change. Kaiser, H.M. and T.E. Drennen, eds. St Lucie Press, Delray beach, Florida. 311 pp.
- Seiler, R.A., 1980. Estimación de la radiación global en Córdoba (Argentina). Rev. de Inv. Agrop., XV(3):355-377.
- Willmott, C.J., 1982. Some comments on evaluation of model performance. Bull. Am. Meteorol. Soc. 63:1309-1313.
- Whisler, F.D., A. Trent, V.R. Reddy, P. Amonson, H.F. Hodges and B. Acock, 1993. On farm validation of the soybean simulation model, GLYCIM. Agron. Abs. Am. Soc. of Agron., Crop Sc. of Am., Soil Sc. Soc. of Am., Cincinnati, OH. pp. 20.