

Software evaluación de expertos por el método Delphy para el pronóstico de la investigación agrícola

Software evaluation of experts by the method Delphy for the presage of the agricultural research

Dr.C. Idaris Gómez Ravelo^I, M.Sc. Héctor R. de las Cuevas Milán^I, M.Sc. Astrid Fernández de Castro Fabre^I,
Ing. Deborah González Viera^{II}

^I Universidad Agraria de La Habana (UNAH), San José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II} Instituto de Investigaciones de Granos, Bauta, Artemisa, Cuba.

RESUMEN. Consiste en la automatización del Método Delphy, el cual es considerado uno de los métodos subjetivos de predecir más confiables, constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, a través de la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado. El mismo permite rebasar el marco de las condicionantes actuales más señaladas de un fenómeno y alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución, reflejando las valoraciones individuales de los expertos, las cuales podrán estar fundamentadas, tanto en un análisis estrictamente lógico como en su experiencia intuitiva. Este programa ha sido utilizado evaluación del impacto de la gestión tecnológica del cultivo del arroz, en el Sector Cooperativo y Campesino.

Palabras clave: sistema automatizado, encuesta, test.

ABSTRACT. It consists on the automation of the Method Delphy, which one of the subjective methods is considered of predicting more reliable, it constitutes a procedure to make a square of the evolution of complex situations, through the statistical elaboration of the opinions of experts in the treated topic. The same one allows to surpass the mark of the most signal current conditions in a phenomenon and to reach an integral and wider image of their possible evolution, reflecting the individual valuations of the experts, which will be able to be based, so much in a strictly logical analysis as in their intuitive experience. This program has been used evaluation of the impact of the technological administration of the cultivation of the rice, in the Cooperative Sector and Peasant.

Keywords: Automated systems, interviews, test.

INTRODUCCIÓN

La pronosticación de un hecho o fenómeno puede ser dividida en dos categorías: pronóstico de previsión (los elementos del fenómeno futuro son, en su mayor parte, conocidos), y pronóstico de predicción en el que son generalmente desconocidos, debiéndose por tanto determinar las características futuras del comportamiento del fenómeno. (Moráguez 2006)

Por otro lado, sólo se considera como pronóstico, aquella previsión obtenida dentro de la teoría científica que expuestas como un resultado y una conclusión, basándose en la deducción

lograda a partir de datos empíricos o de supuestos suficientemente fundamentados.

Un verdadero pronóstico debe reflejar el intervalo de tiempo en el que ha de tener lugar el proceso por o la situación pronosticada, debe contener una valoración del grado de probabilidad para que ocurra dicho acontecimiento, y por otra parte, para ser considerado verdaderamente científico debe posibilitar su propia comprobación.

La realización de pronósticos se apoya en dos tipos generales de métodos: los de base objetiva y los de base subjetiva.

Si bien los métodos objetivos utilizan técnicas matemáticas bien fundamentadas, con las que el especialista logra formalizar la información disponible, como por ejemplo el análisis Eco métrico, la extrapolación de tendencias, la modelación matemática, etc., Estas técnicas resultan impotentes para captar la evolución futura de situaciones con alto grado de incertidumbre en sus posibles manifestaciones. Entonces se hace necesario la aplicación de métodos que estén estructurados a partir de la aceptación de la intuición como una comprensión sinóptica de la realidad, y basados en la experiencia y conocimientos de un grupo de personas considerados expertos en la materia a tratar. Estos métodos denominados subjetivos son conocidos también como métodos de consultas a expertos. Cualitativos o heurísticos. La necesidad objetiva de la aplicación de un método de valoración pericial exige la determinación de los elementos que condicionan el inicio del proceso correspondiente. Se impone entonces la selección de un método de acceso a los criterios de expertos, de tal forma que se pueda garantizar la realización de cuestionamientos precisos sin la posibilidad de una doble interpretación, obtener respuestas susceptibles de ser cuantificadas, independientes las una de las otras o cuyas interdependencias pudieran mostrarse de manera clara al ser tratadas estadísticamente, respuestas que reflejen criterios personales lo más distante posible de la influencia directa de criterios oficialistas e intereses institucionales.

Las reuniones de expertos no permiten realmente liberar sus conclusiones de la influencia interferente de enfoques sectorialistas, de ciertos estados de opinión generalizados a determinados niveles de dirección y de la presencia de personalidades, líderes. Asimismo, en tales reuniones, los expertos suelen adherirse a la opinión mayoritaria o gravitar hacia el punto vista de alguna personalidad que hace versar el conjunto de opiniones en la suya propia.

Por otra parte, los métodos de análisis cualitativos conocidos, como el Brainstorming, la mesa redonda, etcétera. No logran salir del marco clásico de las reuniones de expertos con las limitaciones antes señaladas.

El método Delphy, considerado como uno de los métodos subjetivos de pronosticación más confiables, constituye un procedimiento para confeccionar un cuadro de la evolución de situaciones complejas, a través de la elaboración estadística de las opiniones de expertos en el tema tratado (Cañedo *et al.*, 2006). El mismo permite rebasar el marco de las condicionantes actuales más señaladas de un fenómeno

y alcanzar una imagen integral y más amplia de su posible evolución, reflejando las valoraciones individuales de los expertos, las cuales podrán estar fundamentadas, tanto en un análisis estrictamente lógico como en su experiencia intuitiva. (Ravelo, 2009)

El Delphy es la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener un consenso de opiniones informadas". (Pérez *et al.*, 2005)

Partiendo de lo anterior, en el presente trabajo se desarrolla un sistema automatizado del método Delphy, que permite pronosticar un fenómeno dado, de forma rápida y veraz, siendo de gran utilidad para los investigadores del área de la ingeniería agrícola.

MÉTODOS

Determinación del coeficiente de competencia de un experto

Se seleccionan los expertos que serán consultados, para lo cual, luego de confeccionar un listado inicial de personas que al parecer cumplan los requisitos, los somete a una autovaloración de los niveles de información y argumentación que poseen sobre el tema en cuestión.

Para ello les pide primero que marquen con una cruz, en una escala creciente de 1 a 10, el valor que se corresponde con el grado de conocimiento o información que tienen sobre el tema de estudio. Por ejemplo los resultados en este sentido fueron los siguientes (Tabla 1):

TABLA 1. Resultados del grado de conocimiento

Experto N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1								X		
2			X							
3							X			

A partir de aquí se puede calcular muy fácilmente el **coeficiente de conocimiento o información Kc**.

- Para el experto N° 1 Kc. = 8 (0,1) = 0,8
- Para el experto N° 2 Kc. = 3 (0,1) = 0,3
- Para el experto N° 3 Kc. = 7 (0,1) = 0,7

Posteriormente cada experto realiza una autoevaluación, según la Tabla 2 siguiente, de sus niveles de argumentación o fundamentación sobre el tema de estudio. Los expertos responden de la manera siguiente:

TABLA 2. Grado de influencia de cada una de las fuentes en sus cráteres

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos realizados por Ud.	1		2-3
Su experiencia obtenida.		1-3	2
Trabajos de autores nacionales		1-2-3	
Trabajos de autores extranjeros	1	3	2
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero.	1	3	2
Su intuición.	3	1-2	

Para calcular el coeficiente de argumentación o fundamentación de cada experto es necesario utilizar como factores, los que aparecen en la siguiente Tabla 3:

TABLA 3. Patrón de factores para el cálculo del coeficiente de argumentación

Fuentes de argumentación.	Alto	Medio	Bajo
Análisis teóricos por Ud. realizados.	0,3	0,2	0,1
Su experiencia obtenida.	0,5	0,4	0,2
Trabajos de autores nacionales.	0,05	0,05	0,05
Trabajos de autores extranjeros.	0,05	0,05	0,05
Su propio conocimiento del estado del problema en el extranjero.	0,05	0,05	0,05
Su intuición.	0,05	0,05	0,05

A partir de la tabla patrón anterior y la autovaloración realizada por los expertos, se debe calcular Ka (coeficiente de argumentación) de la siguiente manera:

- Para Experto N° 1
 $Ka = 0,3 + 0,4 + 0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,90$
- Para Experto N° 2
 $Ka = 0,1 + 0,2 + 0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,50$
- Para Experto N° 3
 $Ka = 0,1 + 0,4 + 0,05 + 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,70$

Ahora estamos en condiciones de calcular el coeficiente de competencia K a través de la ecuación (Cañedo *et al.*, 2006):

$$K = 0.5 (Kc. + Ka)$$

Luego en este caso los coeficientes de competencia de los expertos serían:

- Experto N° 1 K = 0,85
- Experto N° 2 K = 0,40
- Experto N° 3 K = 0,70

El código de interpretación de tales coeficientes de competencias:

- Si $0,8 < K < 1,0$ coeficiente de competencia **alto**.
- Si $0,5 < K < 0,8$ coeficiente de competencia **medio**
- Si $K < 0,5$ coeficiente de competencia **bajo**

Metodología de aplicación del método Delphy

A modo de ejemplo: Se aplica una encuesta de cuatro preguntas a 31 expertos. Los resultados de la misma se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4. Resultados de la encuesta realizada a los expertos

Preguntas	C1	C2	C3	C4	C5	TOTAL
	Muy adecuado	Bastante adecuado				
P-1	10	5	12	4	-	31
P-2	20	3	5	-	3	31
P-3	5	2	4	8	12	31
P-4	9	8	7	6	1	31

PRIMER PASO: Construir la tabla de frecuencias acumulada (Tabla 5).

TABLA 5. Frecuencias acumuladas

	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
P-1	10	15	27	31	31
P-2	20	23	28	28	31
P-3	5	7	11	19	31
P-4	9	17	24	30	31

SEGUNDO PASO: Construir la tabla de frecuencias relativas acumulativas (Tabla 6).

TABLA 6. Frecuencias relativas acumulativas

	C-1	C-2	C-3	C-4
P-1	0,3226	0,4839	0,8710	1,0000
P-2	0,6451	0,7419	0,9032	0,9032
P-3	0,1613	0,2258	0,3548	0,6129
P-4	0,2903	0,5484	0,7742	0,9677

TERCER PASO: Buscar la imagen de cada uno de los valores de las celdas de la tabla de frecuencias acumulativas

relativas, por la inversa de la curva normal. Para ello debe utilizarse la siguiente Tabla 7.

TABLA 7. Imagen de las frecuencias acumulativas relativas

	C-1	C-2	C-3	C-4	Suma	Promedio	N-P
P-1	-0,46	-0,04	1,13	3,49	4,12	1,03	-0,63
P-2	0,37	0,65	1,30	1,30	3,62	0,91	-0,51
P-3	-0,99	-0,75	-0,37	0,29	-1,82	-0,46	0,86
P-4	-0,55	0,12	0,75	1,85	2,17	0,54	-0,14
Puntos de corte	-0,41	-0,005	0,70	1,73	8,09		

Los puntos de corte se obtienen al dividir la suma de los valores correspondientes a cada columna entre el número de paso (promedio relativo).

donde:

N- es el resultado de dividir el total de las sumas entre el producto del número de categorías por el número de pasos;

$$N = 8,09/5.4 = 8,09/20 = 0,4$$

P valor promedio;

N - P: Es el valor promedio que le otorgan los expertos consultados a cada pregunta.

Los puntos de corte nos sirven para determinar la categoría o grado de adecuación de cada pregunta según la opinión de los expertos consultados (Tabla 8). Con ello se opera del modo siguiente:

TABLA 8. Grado de adecuación de cada pregunta

Muy adecuado	Bastante adecuado	Adecuado	Poco adecuado	No adecuado
-0,41	-0,005	0,70	1,73	

Sistema automatizado Evaluación de Expertos por el método Delphy

La metodología explicada anteriormente permitió desarrollar el sistema automatizado “Delphy”, sobre plataforma de trabajo en EXCEL para WINDOWS (Gómez y Fernández de Castro, 2013)

Al entrar al sistema se accede directamente al panel de control, el cual está compuesto por ocho botones (Figura 1)

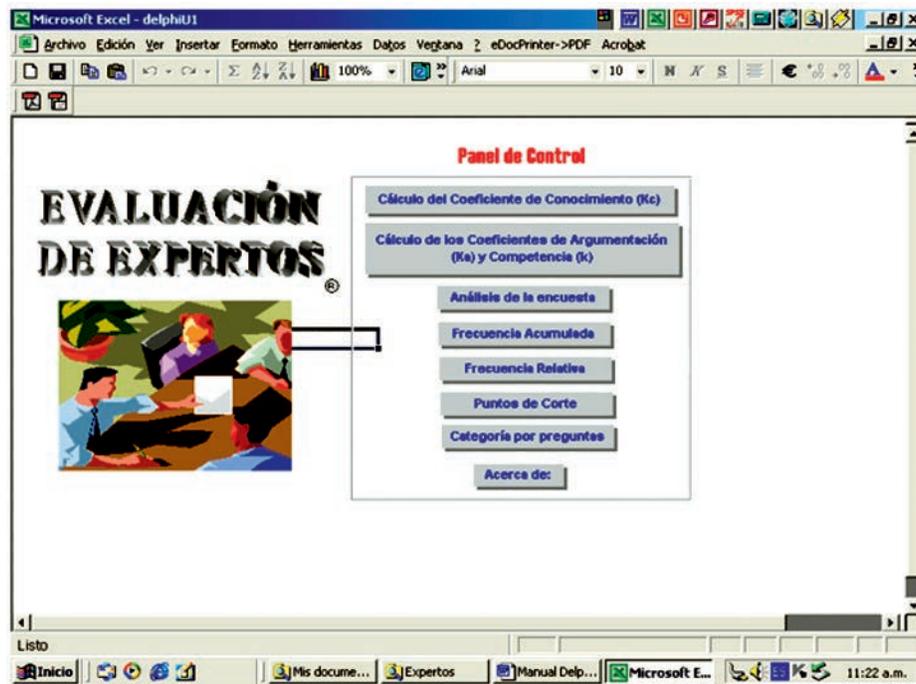


FIGURA 1. Panel de control principal.

Cálculo de coeficiente de conocimiento (Kc): Permite determinar el coeficiente de conocimiento o información de hasta 12 expertos.

El coeficiente de conocimiento o información que tiene el experto acerca del problema, calculado sobre la valoración del propio experto en una escala del 0 al 10 y multiplicado por 0,1; de esta forma, la evaluación “0” indica que el experto no tiene absolutamente ningún conocimiento de la problemática correspondiente, mientras que la evaluación “10” significa que el experto tiene pleno conocimiento de la problemática tratada.

Esta hoja posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Cálculo del coeficiente de argumentación (Ka) y competencia (K): Al experto se le presentaría una tabla sin cifras, orientándosele marcar cuál de las fuentes él considera que ha influido en su conocimiento de acuerdo con el grado A, M ó B. Posteriormente, utilizando los valores de la tabla patrón para cada una de las casillas marcadas por el experto, se calcula el número de puntos obtenidos en total. De esta forma, si el coeficiente $ka = 1.0$, el grado de influencia de todas las fuentes es alto, si $ka=0.8$, es un grado medio y si es igual a 0.5, se considera con grado bajo de influencia de las fuentes.

A partir de los resultados del coeficiente de conocimiento y de argumentación se determina el coeficiente de competencia (K) de cada experto.

Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Análisis de las encuestas: A partir del análisis realizado por cada experto, de las preguntas que conforman la encuesta, se llena la tabla, a partir de la cual se procesará la información primaria. Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Frecuencia acumulada: Se accede a la determinación de la frecuencia acumulada para cada pregunta, la cual varía desde MUY ADECUADO hasta NO ADECUADO.

Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Frecuencia relativa: Se accede a la determinación de la frecuencia relativa a partir de la matriz de probabilidades acumulada, eliminándose la última columna, ya que existen cinco categorías, por lo que se buscan cuatro puntos de corte.

Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Puntos de corte: Se determinan los puntos de corte, que nos brinda el grado de adecuación de cada paso de la metodología, según la opinión de los expertos consultados. (Figura 2)

Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

Categoría por pregunta: Se accede a los resultados de la

categoría obtenida por cada pregunta, según la opinión de los expertos consultados.

Posee un botón de comando que permite el regreso al panel de Control.

Acerca de: muestra el nombre y apellidos de la autora, versión, logotipo y dirección del centro de trabajo, etc. Posee un botón de comando que permite el regreso al Panel de Control.

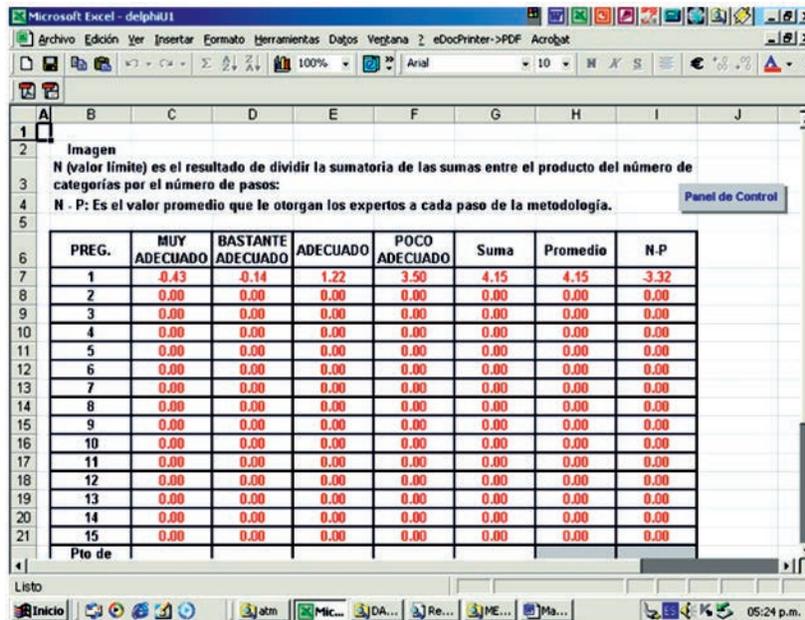


FIGURA 2. Puntos de corte.

A modo de ejemplo se muestra a continuación los resultados obtenidos en la evaluación del impacto de la gestión tecnológica del cultivo del arroz en el Sector Cooperativo y Campesino (Tablas 9 y 10).

TABLA 9. Indicadores para medir el impacto

Dimensión	No.	Indicador	U/M
Tecnológica	1	Área Sembrada	ha
	2	Producción Total de Arroz Cáscara Húmedo	t
	3	Rendimiento Agrícola	t/ha

TABLA 10. Resultados de la valoración por dimensiones de los indicadores que permiten la evaluación del impacto de la gestión tecnológica del cultivo del arroz en el Sector Cooperativo y Campesino, según el criterio de los expertos

Dimensión Tecnológica	Frecuencia Observada						Frecuencias Acumuladas					Frecuencias Relativas Acumulativas			
	C1	C2	C3	C4	C5	Tot.	C1	C2	C3	C4	C5	C1	C2	C3	C4
1	7	4	3	3	1	18	7	11	14	17	18	0,3889	0,6111	0,7778	0,9444
2	11	2	3	2	0	18	11	13	16	18	18	0,6111	0,7222	0,8889	1,0000
3	14	0	3	1	0	18	14	14	17	18	18	0,7778	0,7778	0,9444	1,0000

Imágenes por la inv. de la curva normal								
C1	C2	C3	C4	Suma	Prom.	N-P	Categ.	
-0,28	0,28	0,76	1,59	2,36	0,79	0,19	MA	
0,28	0,59	1,22	3,50	5,59	1,86	-0,89	MA	
0,76	0,76	1,59	3,50	6,62	2,21	-1,24	MA	
0,25	0,55	1,19	2,86	14,57				

CONCLUSIONES

- Se automatiza el proceso estadístico – matemático que contempla el Método de Evaluación de Expertos, con vistas a obtener un consenso entre los expertos o los motivos de la discrepancia en un proceso, disminuyendo el tiempo de pro-

cesamiento de la información, y un aumento de la fiabilidad de los resultados obtenidos.

- El software es de fácil manipulación, accediendo a cada parte del mismo mediante el vínculo del usuario con el Panel de Control.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CAÑEDO, C. M.; L. DIBUT; R. ZAMORA; C.M. IGLESIAS: *Metodología de trabajo para el empleo del Método Delphi [en línea] 2006, Disponible en: <http://revistas.mes.edu.cu/biblioteca-digital/nuevo-en-bives>. [Consulta: junio 10 2006].*
2. GÓMEZ, R., I.; A. FERNÁNDEZ DE CASTRO: *Evaluación de expertos*, CENDA, Registro 563. 2013, La Habana, Cuba, 2013.
3. GÓMEZ, R., I.: *Influencia de un programa de Aeróbic Intercultural integrado en el curriculum de Educación Física en la Universidad Agraria de La Habana en los componentes afectivos, cognitivos y conductuales de los estudiantes, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias de la Cultura Física)*, Universidad Agraria de La Habana, La Habana, Cuba, 2009.
4. PÉREZ, J. A.; N. VALCÁRCEL; J. COLADO: *Método Delphy*, Universidad Pedagógica Enrique José Varona, La Habana, Cuba, 2005.
5. MORÁGUEZ, A.: *El Método Delphy*, GestioPolis, 2006.

Recibido: 18 de enero de 2012.

Aprobado: 24 de julio de 2013.

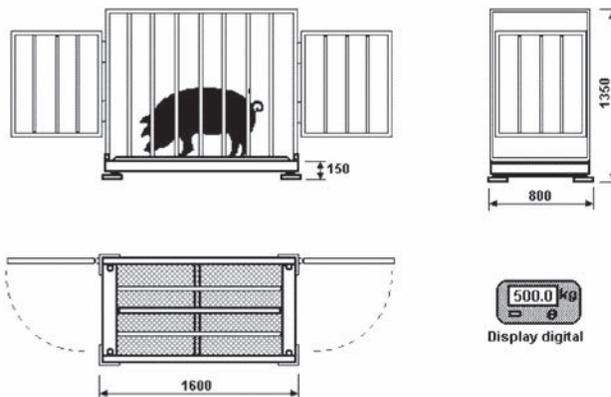
Idaris Gómez Ravelo, Profesora. Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana, Mayabeque, Cuba, CP: 32700. Correo electrónico: idarid@unah.edu.cu



MAQUINARIA AGRICOLA &
INSTRUMENTOS DE MEDICION

BALANZAS PARA CERDOS Y OVINOS

CEMA TED - 500



Capacidad hasta 500 kg.
Precisión de 0,2 kg.
Presentación de la lectura: Digital (5 dígitos LCD).
Dimensiones de la plataforma: 1600 x 800 mm.
Altura de la jaula: 1350 mm.
Superficie de la plataforma: Metálica con alfombra de goma.

Solicitudes de ofertas a:
M.Sc. Héctor de las Cuevas Milán
Centro de Mecanización Agropecuaria
Autopista Nacional y Carretera de
Tapaste. km 23, San José de las Lajas,
Mayabeque, Cuba. Apdo. 18-19
Tel.: (53)(47) 864346
E_mail: hector@isch.edu.cu