



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
POSTGRADO EN ESTADÍSTICA



**UNA APROXIMACIÓN AL NÚMERO DE REPETICIONES EN MODELOS DE
DISEÑO EXPERIMENTAL DE UNA Y DOS VÍAS DE CLASIFICACIÓN CON
FACTORES DE EFECTO FIJO Y UNA OBSERVACIÓN POR CELDA**

Trabajo especial de grado presentado ante los honorables miembros del Comité Académico del Postgrado de Estadística de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela como último requisito exigido para optar al título de **Magister Scientiarum** en Estadística

Autor: Gabriel Álvarez

Tutor: Ing. Msc. Wilfre Machado, Ing. Msc. Luis M. Pérez Ybarra

Maracay, octubre 2017.



VEREDICTO

Quienes suscriben, miembros del jurado designado por el Consejo de la Facultad de Agronomía de la Universidad Central de Venezuela, para examinar el **Trabajo de Grado** presentado por: **ÁLVAREZ OCHOA GABRIEL GONZALO** Cédula de Identidad N° 9.246.922, bajo el título "**UNA APROXIMACIÓN AL NÚMERO DE REPETICIONES EN MODELOS DE DISEÑO EXPERIMENTAL DE UNA Y DOS VÍAS DE CLASIFICACIÓN CON FACTORES DE EFECTO FIJO Y UNA OBSERVACIÓN POR CELDA**", a fin de cumplir con el requisito legal para optar al grado académico de **MAGÍSTER SCIENTIARUM EN ESTADÍSTICA**, dejan constancia de lo siguiente:

1.- Leído como fue dicho trabajo por cada uno de los miembros del jurado, se fijó el día 05 de Octubre de 2017 a las 09:00 AM., para que el autor lo defendiera en forma pública, lo que éste hizo en la Sala de Computación del Postgrado en Estadística, mediante un resumen oral de su contenido, luego de lo cual respondió satisfactoriamente a las preguntas que le fueron formuladas por el jurado, todo ello conforme con lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado.

2.- Finalizada la defensa del trabajo, el jurado decidió **aprobarlo**, por considerar, sin hacerse solidario con la ideas expuestas por el autor, que se ajusta a lo dispuesto y exigido en el Reglamento de Estudios de Postgrado

Para dar este veredicto, el jurado estimó que el trabajo examinado constituye un aporte valioso a la metodología de la planificación de experimentos, ya que proporciona una estimación del tamaño de muestra requerido de forma económica y expedita.



3.- El jurado por unanimidad decidió otorgar la calificación de EXCELENTE al presente trabajo por considerarlo de excepcional calidad y que pudiera constituir una línea de investigación del Postgrado.

En fe de lo cual se levanta la presente ACTA, a los 05 días del mes de Octubre del año 2017, conforme a lo dispuesto en el Reglamento de Estudios de Postgrado, actuó como Coordinador del jurado M.Sc. Luis Pérez.

El presente trabajo fue realizado bajo la dirección de los Profesores: Wilfre Machado y Luis Pérez.



M.Sc. Raquel Mayela Parra / C.I.
12.142.083
FAGRO-UCV



M.Sc. Lino Lugo / C.I. 9.420.551
FAGRO-UCV



M.Sc. Luis Pérez / C.I. 12.195.023
FAGRO-UCV
Tutor(a)

Miriam
05-10-17

Y Jesús les dijo: Por vuestra incredulidad; porque de cierto os digo que, si tuviereis fe como un grano de mostaza, diréis a este monte: Pásate de aquí allá, y se pasará; y nada os será imposible.

Mateo 17:20

DEDICATORIA

A mi esposa Katy.

A mis hijos Gabriela Sofía y Santiago Emanuel.

AGRADECIMIENTOS

A mi tutor, Ing. Msc Wilfre Machado, por la oportunidad.

A mi tutor, Ing. Msc. Luis Pérez Ybarra, por compartir su experiencia, consejos y guía.

A la Dra. Harú Martínez de Cordero por su apoyo incansable.

Al Dr. Miguel Balza, por sus consejos y revisión.

Al Dr. Luis Capace, por sus sugerencias, revisión y valiosos comentarios.

A Luis E. Vivas, Dilcia Astudillo y Luis Campos, por sus datos experimentales.

A los profesores miembros tanto del comité consejero como del jurado examinador por enriquecer este trabajo con sus observaciones y correcciones.

Índice

Contenido	Página
AGRADECIMIENTOS.....	i
Índice de tablas.....	iii
Índice de figuras.....	v
INTRODUCCION.....	10
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION.....	13
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos.....	13
REVISION BIBLIOGRAFICA.....	14
Marco teórico.....	14
Antecedentes.....	22
METODOLOGIA.....	33
Propuesta de aproximación al parámetro de no centralidad aproximado λ_A	33
Procedimiento de comparación.....	38
Procedimiento de aplicación de λ_A	43
RESULTADOS Y DISCUSION.....	45
Resultados obtenidos sobre los experimentos a-1, a-2, a-3, b-1, b-2, b-3 y c-1.....	45
Resultados obtenidos sobre los ensayos simulados con un diseño en bloque al azar.....	69
Resultados obtenidos sobre los ensayos simulados en diseño completo al azar.....	82
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	101
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS.....	109

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1 Descripción e identificación de los ensayos sobre los cuales se efectuó el análisis de potencia aplicando la metodología de P.C. Tang (1938) y la aproximación propuesta.	42
Tabla 2 Valores obtenidos con la aplicación de la metodología de P.C. Tang (1938) y la aproximación propuesta, a los ensayos descritos en la tabla 1.	46
Tabla 3 Resumen de los valores de potencia y parámetro de no centralidad determinados por ambos métodos a los ensayos utilizados véase la tabla 1.	62
Tabla 4 Resumen de los valores del coeficiente de ajuste en la regresión lineal simple para cada ensayo, con nivel de confianza de 0.05	62
Tabla 5 Valores del tamaño de efecto η^2 , F calculado F_0 y parámetro de centralidad λ_T	63
Tabla 6 Valores resultantes al aplicar la metodología de la aproximación propuesta.....	66
Tabla 7 Valores de $\sum \tau_i^2$ y D_r^2 así como los valores de los parámetros de no centralidad obtenidos con ambas metodologías en los ensayo utilizados para hacer la comparación	68
Tabla 8 Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos del grupo 1 diseño en bloque al azar, CV mínimo de 3,043, máximo de 6,090, ordenados de menor a mayor por η^2	69
Tabla 9 Valores de $\sum \tau_i^2$, D_r^2 , λ_T y λ_A resultantes en la simulación de ensayos: grupo 1	70
Tabla 10 Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos grupo 2 en bloques al azar, ordenados de menor mayor por η^2 , CV mínimo de 6,990 y máximo de 13,369.....	73
Tabla 11 Valores obtenidos de D_r^2 , $\sum \tau_i^2$, λ_T y λ_A en la simulación de ensayos: grupo 2	74
Tabla 12. Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos grupo 3: CV mínimo de 15,44, máximo de 30,58 ordenados n forma creciente por η^2	77
Tabla 13 Valores de $\sum \tau_i^2$, D_r^2 , λ_T y λ_A obtenidos en la simulación de ensayos: grupo 3.....	78

Tabla 14	Valor resultante de la potencia en los escenarios en diseño en bloque al azar.....	81
Tabla 15	Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar: grupo 1 CV mínimo de 3,52 y máximo de 5,77 ordenado por η^2	82
Tabla 16	Valor del efecto medio de los tratamientos, diferencia relativa y parámetros de no centralidad en la simulación de ensayos completo al azar grupo 1, metodología de Tang y aproximación propuesta.....	84
Tabla 17	Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar, grupo 2 CV mínimo es de 6,69 y máximo de 12,33, ordenados por η^2	85
Tabla 18	Valor del efecto medio de los tratamientos y diferencia relativa al cuadrado en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang (1938) y aproximación propuesta.	87
Tabla 19	Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar grupo 3 CV mínimo de 15,93 y máximo de 28,88 ordenado por η^2	88
Tabla 20	Valor de D_r^2 , $\sum \tau_i^2$, λ_T y λ_A en la simulación de ensayos: grupo 3, metodología de Tang (1938) y aproximación propuesta.....	90
Tabla 21	Valor resultante de la potencia en los escenarios en diseño completo al azar.	91
Tabla 22	Valor resultante de la potencia diseño en bloque al azar al incrementar r.	93
Tabla 23	Valor resultante de la potencia en diseño completo al azar al incrementar r.	93
Tabla 24	Valor resultante de la potencia en diseño en Bloque al azar al disminuir CV.	94
Tabla 25	Valor resultante de la potencia en diseño completo al azar al disminuir CV.....	94
Tabla 26	Datos utilizados para determinar la potencia en un experimento, utilizando la metodología propuesta.....	95
Tabla 27	Potencia para diferencias relativas de 7 a 15% con 6 repeticiones y 8 tratamientos, diseño en bloque al azar.....	97

Índice de figuras

Contenido	Página
Figura 1 . Esquema de los pasos definidos con el que se llevó a cabo la comparación entre los métodos de cálculo planteados.	41
Figura 2. Potencia obtenida con la aplicación de los métodos al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,01.....	47
Figura 3. Potencia obtenida con la aplicación de los métodos al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,05.....	47
Figura 4. Sensibilidad obtenida al aplicar el método propuesto al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,05 y el coeficiente de variación de 11%.....	48
Figura 5. Regresión lineal simple, variable: dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia obtenida por el método propuesto.	49
Figura 6.. Gráfica de la sensibilidad obtenida al aplicarse ambas metodologías al ensayo a-2, frente al incremento del número de repetición, alfa de 0.05.	50
Figura 7. Sensibilidad obtenida al aplicarse ambas metodologías al ensayo a-2, frente al incremento del número de repetición, alfa de 0,01.	50
Figura 8. Regresión lineal simple, variable: dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia obtenida por el método propuesto para el ensayo a-2.	51
Figura 9. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo a-3, alfa 0,01.	52
Figura 10.Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, para el ensayo a-3.	52
Figura 11. Regresión lineal simple, variable dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia calculada por el método propuesto ensayo a-3.....	53

Figura 12. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición obtenidas en el ensayo b-1, alfa 0,05.....	54
Figura 13. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-1, alfa 0,01.	54
Figura 14. Regresión lineal simple, potencia obtenida con el método de Tang (1938) variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-1.	55
Figura 15. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-1, alfa 0,05 al disminuir el CV a 7% para el método propuesto.....	56
Figura 16. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-2, alfa 0,05.	57
Figura 17. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-2, alfa 0,01.	57
Figura 18. Regresión lineal de potencia obtenida por el método de Tang (1938) como variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-2.	58
Figura 19. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo b-3, alfa 0,05.....	59
Figura 20. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo b-3, alfa 0,01.....	59
Figura 21. Regresión lineal de potencia obtenida por el método de Tang (1938) como variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-3.	60
Figura 22. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo c-1, alfa 0,05.	61
Figura 23. Regresión lineal, respuesta: potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia calculada por el método propuesto, ensayo c-1.....	61
Figura 24. Valores de efecto medio de los tratamientos y diferencia relativa en la simulación de ensayos grupo 1, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.	71

Figura 25. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de los ensayos del grupo 1, metodología de Tang (1938) y método propuesto.....	71
Figura 26. Gráfica de líneas que representa los valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencias para el grupo 1 de ensayos.....	72
Figura 27. Valores de Dr^2 y τ_f^2 en la simulación de ensayos grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.	75
Figura 28. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.	75
Figura 29. Valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencia del grupo de ensayos 2	76
Figura 30. Valores de Dr^2 y τ_f^2 en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación	79
Figura 31. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de ensayos: grupo 3, metodología de Tang (1938) y propuesta aproximación.	79
Figura 32. . Valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencia del grupo de ensayos 3.	80
Figura 33. Potencia obtenida por el método de Tang (1938) y por el método propuesto, escenarios del grupo 1 Completo al Azar.	83
Figura 34. . Potencia obtenida por la metodología de Tang (1938) y potencia resultante al aplicar la metodología propuesta, ensayos del grupo 2 Completo al Azar.....	86
Figura 35. Potencia obtenida por la metodología de P.C. Tang (1938) y al aplicar la metodología propuesta, escenarios del grupo 3 completo al azar.	89
Figura 36. Interface gráfica de usuario de la calculadora de potencia.	99
Figura 37. Ejemplo de utilización de la calculadora de potencia.	100
Figura 38. Nuevos resultados al cambiar el número de repetición.....	101

RESUMEN

Este trabajo se refiere a la propuesta de aproximación para la estimación del número de repeticiones en modelos de diseño experimental de una y dos vías de clasificación, con factores de efecto fijo y una observación por celda que permita al investigador determinar su valor, previo a la realización del experimento considerando, además, la tasa de error tipo II, la potencia y la magnitud de las diferencias que podría detectar. Con base en el procedimiento establecido por P.C Tang (1938), se plantea la determinación del valor del parámetro de no centralidad de la distribución F no central, usando información que no dependa de las estimaciones de σ^2 y $\sum \tau_i^2$, lo cual permite calcular la aproximación al número de repetición a efectuar en el experimento y la estimación de la potencia de prueba asociada a este. Con la finalidad de establecer comparaciones para observar el comportamiento de la propuesta de aproximación se tomaron datos experimentales de ejemplos ilustrativos de la bibliografía existente en diseños experimentales y de ensayos de campo, así como ensayos simulados, se determinó para estos la potencia de la prueba usando la metodología establecida por P.C. Tang (1938), para luego aplicar a los mismos datos el método propuesto. Los resultados mostraron que la metodología de la aproximación propuesta produce una subestimación en el valor del parámetro de no centralidad al igual que en la potencia, se presentaron casos en los que los valores determinados fueron muy similares.

Palabras clave: parámetro de no centralidad, número de repeticiones, potencia

ABSTRACT

This work refers to the approximation proposal for the estimation of the number of repetitions in experimental design models of one and two classification ways, with fixed effect factors and one observation per cell that allows the researcher to determine their value, prior to the experiment being performed considering in addition the type II error rate the power and magnitude of the differences that could be detected. Based on the procedure established by PC Tang (1938), it is proposed to determine the value of the non-centrality parameter of the non-central F distribution using information that does not depend on the estimates of σ^2 and $\sum \tau_i^2$. Which allows to calculate the approximation to the number of repetition to be made in the experiment and the estimation of the power of test associated to this one. In order to establish comparisons to observe the behavior of the approach proposal, experimental data were taken from illustrative examples of existing literature in experimental designs and field trials, as well as simulated tests, the power of the test was determined for these using The methodology established by PC Tang (1938), to then apply the proposed method to the same data. The results showed that the methodology of the proposed approach produces an underestimation in the value of the parameter of non-centrality as well as in the power, there were cases in which the determined values were very similar.

Key words: non-centrality parameter, number of repetitions, power.

INTRODUCCION

Los investigadores no estadísticos que usan el diseño de experimentos como opción metodológica para dar respuesta a los objetivos de su investigación, recurren al análisis de varianza como herramienta de inferencia generalmente lo hacen sólo considerando la magnitud del error tipo I obviando el error tipo II que se puede llegar a cometer, el cual se manifiesta en la potencia de la prueba, el error tipo II es la probabilidad de aceptar la hipótesis nula siendo falsa, la potencia o sensibilidad de la prueba es el complemento del error tipo II, $1 - \beta$, es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando de hecho esta es falsa y es el indicador más claro de la validez de las conclusiones que puede arrojar el experimento.

Para la prueba del análisis de la varianza Tang (1938) estableció la metodología para determinar su potencia o sensibilidad, el procedimiento de cálculo involucra el valor del error experimental como estimador de σ^2 , la diferencia del efecto producida por los tratamientos, el número de repeticiones, a fin de calcular el valor del parámetro de no centralidad λ de la distribución de F no central, cuya magnitud indica una medida de que tan alejado se encuentra el valor del parámetro del valor asignado en la hipótesis nula, si la hipótesis nula es falsa. Esta metodología permite la determinación de la potencia después que ha sido realizado el experimento.

Cuando se produce el rechazo de la hipótesis nula, el estadístico de prueba del análisis de varianza sigue una distribución F no central. La potencia o sensibilidad, depende básicamente de la probabilidad del error tipo I, los grados de libertad del numerador y denominador de la prueba F, el parámetro de no centralidad y el número de repeticiones, este último determinante

en el valor resultante de la potencia; mientras mayor sea el número de repeticiones mayor será la sensibilidad de la prueba.

Determinar el número de repetición y la potencia de la prueba no es un procedimiento simple y realizado frecuentemente por los investigadores, para los cuales tener restricciones de recursos económicos, personal y material experimental, impone condiciones que limitan la elección del número de repetición que debe emplearse en un experimento; en el mejor de los casos, la mayoría de ellos subestima este aspecto en la planificación, por desconocimiento de la teoría y práctica estadística requerida y la complejidad que para su determinación presenta el uso de las tablas y gráficas de potencia.

El número de repeticiones es un dato, como ya se mencionó, íntimamente relacionado con la potencia de detección de las pruebas; su errónea escogencia puede hacer que el experimento fracase. Un número de repetición elevado puede conducir a una pérdida de tiempo y dinero; por el contrario, si el número de repeticiones es menor que el necesario, puede llegar a concluirse que no hay diferencias significativas, cuando de hecho existen, porque el experimento no tuvo la potencia de prueba necesaria. (Romero, Carney y Rojas, 1966, pág. 31).

Se han desarrollado aplicaciones de software estadístico para estimar el valor de la potencia y el número de repeticiones. Se pueden mencionar SAS®, SPSS®, Gpower, entre otros, los cuales permiten superar el inconveniente que presenta el uso de las tablas de Pearson y Hartley (1951), sin embargo, esta ventaja no ha producido en el investigador el cambio de conducta mostrado generalmente de solamente considerar la tasa del error tipo I, obviando los otros elementos involucrados en la prueba de hipótesis como lo son β y $1 - \beta$. En su mayoría estas aplicaciones de software requieren del valor estimado del error experimental y de la

diferencia entre tratamientos como datos a ser introducidos en su formulario de cálculo, lo que sugiere un análisis de potencia después de realizar el experimento.

Generar una aproximación al número de repetición de forma más adecuada, sencilla, expedita y accesible para el investigador, previo a la realización del experimento, le permitirá tener una visión más sólida, mejorando significativamente su desempeño al minimizar los riesgos de la toma de decisiones, fijando con menos incertidumbre los costos, llevando al límite las restricciones que estos imponen, logrando finalmente una mejor planificación del experimento y contribuyendo a formar la práctica en el investigador de encontrar los valores adecuados del número de repeticiones y potencia que deberá tener un experimento además de solo fijar el valor del nivel de significación como usualmente ocurre.

Este trabajo se refiere a la propuesta de aproximación para la estimación del número de repeticiones en modelos de diseño experimental de una y dos vías de clasificación, con factores de efecto fijo y una observación por celda, que permita al investigador determinar el valor del número de repeticiones, previo a la realización del experimento, considerando además la tasa de error tipo II, la potencia y la magnitud de las diferencias que podría detectar.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION

Objetivo General

Proponer una aproximación para la estimación del número de repeticiones en modelos de diseño experimental de una y dos vías de clasificación, con factores de efecto fijo y una observación por celda.

Objetivos Específicos

- 1) Proponer una aproximación al procedimiento de cálculo de P.C. Tang (1938), para encontrar el valor del parámetro de no centralidad de la distribución F no central, que permita seleccionar el número de repeticiones con base en información que no dependa de estimaciones de σ^2 y de $\sum \tau_i^2$.
- 2) Comparar las estimaciones del número de repeticiones y sensibilidad que resulten del procedimiento propuesto con las generadas por medio de la metodología de Tang (1938).

REVISION BIBLIOGRAFICA

Marco teórico

Oehlert (2010) plantea:

Debe usarse una distribución F no central cuando se calcula la potencia o probabilidad del error tipo II, ésta distribución tiene un parámetro de no centralidad λ , el cual da una medida de que tan lejos están las medias de los tratamientos de la variación relativa de \bar{Y}_i . (promedio del i-ésimo tratamiento) por lo que para cada parámetro de no centralidad existe una distribución F no central. (p.154)

Walpole (1999) afirma:

La distribución F de Snedecor o F de Fisher-Snedecor, es una distribución continua de muestreo de dos variables aleatorias independientes que siguen distribuciones de ji-cuadrado (χ^2) centrales, cada una de las cuales se divide entre sus grados de libertad,

$$F_{v_1, v_2} = \frac{\chi_{v_1}^2 / v_1}{\chi_{v_2}^2 / v_2} \quad (1)$$

mejor conocida como razón de varianzas, ya que la varianza de la muestra sigue una distribución ji cuadrado, es asimétrica hacia la derecha y es descrita por los grados de libertad de su numerador (v_1) y denominador (v_2).

Sean U y V dos variables independientes que tienen distribuciones ji-cuadrado con v_1 y v_2 grados de libertad respectivamente, entonces la distribución de la variable aleatoria está dada por:

$$F = \frac{U/v_1}{V/v_2} \quad (2)$$

entonces

$$h(f) = \begin{cases} \frac{\Gamma\left[\frac{(v_1 + v_2)}{2}\right] \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\frac{v_1}{2}}}{\Gamma\left(\frac{v_1}{2}\right) \Gamma\left(\frac{v_2}{2}\right)} \frac{f^{\frac{v_1}{2}-1}}{\left(\frac{1 + v_1 f}{v_2}\right)^{\frac{v_1 + v_2}{2}}} & 0 < f < \infty \\ 0 & \text{en cualquier otro caso} \end{cases} \quad (3)$$

denominada distribución F con v_1 y v_2 grados de libertad y encuentra una enorme aplicación en la comparación de varianzas muestrales al extraer inferencias acerca de las varianzas de la población. (p.232-233)

Pearson y Hartley (1951) describen la distribución “ji” cuadrado no central para luego definir la distribución F no central, lo cual se muestra a continuación:

Sea $u_i (i = 1, 2, \dots, v)$ un conjunto de variables aleatorias independientes distribuidas normalmente con media cero y varianza común y $a_i (1, 2, \dots, v)$ v constantes fijas entonces;

$$\chi'^2 = \sum_{i=1}^v (u_i + a_i)^2 \quad (4)$$

es sabido que tiene la siguiente función de distribución de probabilidad

$$P(\chi'^2) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\chi'^2} e^{-\frac{1}{2}\lambda}}{2^{\frac{1}{2}v}} \sum_{j=0}^{\infty} \frac{(\chi'^2)^{\frac{1}{2}v+j-1} \lambda^j}{\Gamma\left(\frac{1}{2}v + j\right) 2^{2j} j!} \quad (5)$$

donde

$$\lambda = \sum_{i=1}^v a_i^2 \quad (6)$$

La función (5) ha sido denominada la distribución de una variable aleatoria ji cuadrado no central χ'^2 con v grados de libertad y λ llamado parámetro de no centralidad. La distribución (2) fue obtenida por Fisher (1928), citado por Pearson y Hartley (1951) en su notación $B^2 = \chi^2$ y $\beta^2 = \lambda$. Fisher calculó las tablas para valores de B por encima del 5%. Si $a_i = 0$, χ'^2 se transforma en una ji cuadrado central χ^2 . En ciertos problemas es útil saber la probabilidad de que χ'^2 exceda a un punto porcentual particular, por ejemplo 5% de la distribución ji cuadrado central, dado el valor de λ , esta probabilidad expresada como función de λ determina la potencia de la función en una prueba de ji cuadrado. Las tablas apropiadas fueron calculadas por Patnaik (1949) y Fix (1949) citados por Pearson y Hartley (1951)

Si χ'^2_1 es el valor de una variable ji cuadrado no central con v_1 grados de libertad y χ^2_2 una ji cuadrado ordinaria o central con v_2 grados de libertad independiente de χ'^2_1 entonces se define:

$$F' = \frac{\frac{\chi'^2_1}{v_1}}{\frac{\chi^2_2}{v_2}} = \frac{v_2 \sum_{i=1}^{v_1} (u_i + a_i)^2}{v_1 \sum_{i=v_1+1}^{v_1+v_2} u_i^2} \quad (7)$$

donde todos los u_i ($i = 1, 2, \dots, v_1 + v_2$), son independientes, normalmente distribuidos con la misma varianza y media cero. F' es llamada razón de varianzas no central. (p.112)

Forbes, Evans, Hastings y Peacock (2011) establecen que: La distribución de densidad de probabilidad de una variable aleatoria X que sigue una distribución F no central denotada como F' tiene la siguiente forma:

$$(F') = \left(1 + \sum_{j=1}^{\infty} \left(\frac{v\lambda x}{v+w} \right)^j \times \frac{(v+w)(v+w+2)(v+w+2j-2)}{j! v(v+2) \dots (v+2j-2)} \right) \times \frac{e^{-\frac{\lambda}{2} \frac{v_1}{v^2} \frac{v_2}{w^2} \frac{v-2}{x^2}}}{B\left(\frac{v}{2}, \frac{w}{2}\right) (w+vx)^{\frac{v+w}{2}}}$$

$$\text{con } 0 < x < \infty \quad (8)$$

donde,

$$\lambda = \sum_{i=1}^v a_i^2 \quad (9)$$

es el parámetro de no centralidad, si tiende a 0 la distribución corresponde a una distribución F central. (p.107)

Romero, Carney y Rojas (1966) mencionan que:

Dentro de la técnica del análisis de varianza el criterio de prueba es la relación de varianza, que da lugar a la distribución F central bajo la hipótesis nula H_0 y a la distribución F' no central bajo la hipótesis alterna H_1 .

Una hipótesis estadística es una suposición del valor de uno o más parámetros de la población. La prueba de una hipótesis se basa en los valores observados en los individuos de una muestra representativa de la población y consiste en determinar el criterio de prueba para aceptar o rechazar la hipótesis.

Los errores tipo I y tipo II que puede cometer el investigador respectivamente: “rechazar la hipótesis nula, siendo verdadera” o “aceptar la hipótesis nula cuando esta es falsa”, en este caso tienen la siguiente expresión:

$$P(I) = \int_{F_\alpha}^{\infty} g(F, v_1, v_2) dF = \alpha \quad (10)$$

donde: $g(F, v_1, v_2)$ es la densidad de probabilidad de la función F central; $v_1 v_2$ son los grados de libertad del numerador y denominador respectivamente. F_α es el valor de la variable en la función F al nivel de significación α .

$$P(II) = \int_0^{F'_\alpha} h(F', v_1, v_2, \lambda) dF' \quad (11)$$

donde: $h(F' v_1, v_2, \lambda)$ es la densidad de probabilidad de la F no central $v_1 v_2$ tienen el mismo significado que para la expresión (10). F_α es el valor de la variable en la función F no central al nivel de significación α .

λ es el parámetro de no centralidad definido por la siguiente expresión

$$\lambda = r \sum_1^t \frac{\mu_i^2}{2\sigma^2} \quad (12)$$

donde: $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_k$ son los valores de los parámetros bajo la hipótesis alternante H_1 , σ^2 varianza experimental, y t es el número de tratamientos involucrados. En un experimento comparativo la hipótesis nula a probarse comúnmente es: “ninguno de los tratamientos tiene efectos significativos”, lo cual se hace mediante el análisis de varianza, en donde $F = \frac{CMT}{CME}$ siendo $v_1 = n - 1$ y $v_2 = (r - 1)(t - 1)$ los grados de libertad del cuadrado medio de los tratamientos y del cuadrado medio del error respectivamente. La hipótesis a probar en un experimento en bloques al azar, $H_0: t_j = 0$ con $j = 1, 2, 3, \dots, p$; se supone que ninguno de

los p tratamientos tiene efectos significativos, se sabe que: $E(CMT) = \sigma^2 + \frac{rp \sum \mu_i^2}{n-1}$ y que $E(CME) = \sigma^2$ por lo tanto la hipótesis nula que se prueba con el análisis de varianza es:

$$H_0: \frac{r \sum \mu_i^2}{n-1} = 0 \quad (14)$$

En este caso cuando se trata de conocer la potencia de la prueba por medio de la hipótesis alterna H_1 , se suponen mediante esta hipótesis los efectos reales que deba tener cada tratamiento, dichos valores dan origen al parámetro de no centralidad λ cuyo valor está dado por la expresión:

$$\lambda = \frac{r}{2\sigma^2} \sum (\mu_i - \mu)^2 \quad (15)$$

El error tipo I puede fijarse tan pequeño como se quiera, en cambio el error tipo II no está sujeto a este control, puede observarse en la expresión (11) que es función del error tipo I y del parámetro de no centralidad λ que está determinado a su vez por la hipótesis alterna H_1 , sin embargo, se puede ejercer otra forma de control de este, por medio del control de la potencia de la prueba, con la siguiente expresión algebraica y que es la probabilidad de rechazar la hipótesis H_0 cuando esta es falsa

$$P(\beta) = \int_{F'_\alpha}^{\infty} h(F', v_1, v_2, \lambda) dF' = 1 - P(II) \quad (16)$$

(p.34-36)

Pearson y Hartley (1951) con base en el trabajo de P.C. Tang (1938) definen

el parámetro de no centralidad y su función para el modelo de experimentación de una sola vía de clasificación dentro de k grupos con n observaciones en cada uno, dos vías de

clasificación con una observación por celda y de dos vías de clasificación con n observaciones por celda. Puede observarse que las formas de las ecuaciones del parámetro de no centralidad y función del mismo, son idénticas para los dos primeros modelos, obsérvese:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij} \text{ con } i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n \quad (17)$$

tomando

$$\sum_{i=1}^k \tau_i \quad (18)$$

como el promedio de las medias, y $H_0: \tau_i = 0 \text{ con } i = 1, 2, \dots, k - 1$

Si $\sum \tau_i = 0$ solo hay k independientes parámetros en (18) para valores especificados por H_0 en $k - 1$ de ellos, para el análisis correspondiente se tiene

$$SCT = n \sum_i^k (\bar{y}_i - \bar{y}_{..})^2 \text{ con } v_1 = k - 1 \quad (19)$$

$$SCE = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_i)^2 \text{ con } v_2 = N - k \quad (20)$$

donde \bar{y}_i es la media de las observaciones del ij -ésimo grupo, $\bar{y}_{..}$ es la gran media, $N = kn$ y están definidos: $\bar{y}_i = \mu + \tau_i + \bar{\varepsilon}_i$ y $\bar{y}_{..} = \mu + \bar{\varepsilon}_{..}$ el parámetro de no centralidad

$$\lambda \sigma_{\varepsilon}^2 = n \sum_{i=1}^k \tau_i \quad (21)$$

y función de potencia

$$\phi = \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} \sqrt{\frac{n}{k} \sum_i \tau_i^2} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_i \tau_i^2 / \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{n}}} \quad (22)$$

en el modelo de experimentación de una sola vía de clasificación de k grupos con n observaciones en cada uno.

Para el de dos vías de clasificación con una observación por celda

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \rho_j + \varepsilon_{ij} \text{ con } i = 1, 2, \dots, k; j = 1, 2, \dots, n \quad (23)$$

tomando $\sum_i \tau_i = \sum_j \rho_j$, probando si existe efecto de tratamiento $H_0: \tau_i = 0$ con $i = 1, 2, \dots, k - 1$

$$SCT = n \sum_i^k (\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \text{ con } v_1 = k - 1 \quad (24)$$

$$SCE = \sum_i \sum_j (y_{ij} - \bar{y}_{i.} - \bar{y}_{.j} + \bar{y}_{..})^2 \text{ con } v_2 = (k - 1)(n - 1) \quad (25)$$

donde $\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..} = \tau_i + \bar{\varepsilon}_{i.} - \bar{\varepsilon}_{..}$ el parámetro de no centralidad y su función quedan definidos

$$\lambda \sigma_\varepsilon^2 = n \sum_{i=1}^k \tau_i \quad (26)$$

$$\phi = \frac{1}{\sigma_\varepsilon^2} \sqrt{\frac{n}{k} \sum_i \tau_i^2} = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_i \tau_i^2 / \frac{\sigma_\varepsilon}{\sqrt{n}}} \quad (27)$$

(p.123)

Antecedentes

Neyman (1935), citado por Conagin (1959) presenta un método para la determinación del número de repeticiones necesarias que garantice con cierta probabilidad $1 - \beta$, la no aceptación de la hipótesis nula cuando esta es falsa. Sean A y B dos muestras aleatorias provenientes de poblaciones normales y con varianzas homogéneas, sean \bar{X}_A y \bar{X}_B sus medias, la hipótesis a probar es $H_0: \mu_A \geq \mu_B$ vs $H_1: \mu_A < \mu_B$, S_d un estimado de σ_d de la diferencia entre las medias $d = \bar{X}_A - \bar{X}_B$ y n el número de grados de libertad, sea $P_I \leq \alpha$ la probabilidad del error tipo I, a partir de una tabla de t se determina el valor correspondiente a $t_{2\alpha}$ con n grados de libertad, sabiendo que la prueba consiste en rechazar H_0 y por tanto aceptar H_1 esto es $\mu_B > \mu_A$ toda vez que $d > t_{2\alpha} \cdot S_d$, Neyman calculó la probabilidad β de cometer un error de tipo II cuando el error tipo I fue fijado en $\alpha = 0,05$ o $0,01$ y son conocidos los valores de n y $\rho = \frac{\Delta}{\sigma_d}$ donde Δ representa $\mu_B - \mu_A$, y σ_d la desviación de la diferencia. Desarrolló las tablas necesarias para determinar β con base en las tablas de t e indexadas por ρ y los grados de libertad n .

$$\rho = \frac{\Delta}{\sigma_d} = \frac{\Delta}{\sigma \sqrt{\frac{2}{n}}} \Rightarrow n \geq \frac{2\sigma^2 \rho^2}{\Delta^2}$$

donde Δ es la diferencia entre las dos medias de las muestras $\bar{X}_A - \bar{X}_B$, σ_d es el valor estimado de la desviación estándar de la diferencia entre las medias, n el valor de los grados de libertad, por lo que el número de repetición se determina por la siguiente expresión:

$$n \geq \frac{2\sigma^2 \rho^2}{\Delta^2}$$

Para los valores encontrados de n y ρ se determina β en las correspondientes tablas mediante interpolación armónica. El método supone conocido el valor del error estándar de la población,

en la práctica como máximo se tendrá un estimado de este. Puede calcularse la potencia y el número de repeticiones usando tablas desarrolladas por este autor para tal fin.

Tang (1938) desarrolló un procedimiento y preparó las tablas necesarias para determinar el número de repeticiones a ser realizado en un experimento. Se asume normalidad y homogeneidad de varianzas, se requiere de un buen estimador de σ^2 , la diferencia media del verdadero efecto de los tratamientos ($\mu_i - \mu$) debe ser conocida, además es necesario establecer los tamaños del error tipo I y Tipo II, antes de estimar el valor del número de repeticiones, para lo cual establece la función el parámetro de no centralidad ϕ

$$\phi = \sqrt{\frac{2\lambda}{t}}$$

donde

$$\lambda = \frac{r}{2\sigma^2} \sum_i (\mu_i - \mu)^2$$

corresponde al parámetro de no centralidad de la distribución F no central; r igual al número de repeticiones, $\mu_i - \mu$ es igual al efecto de los tratamientos. Para determinar el valor de ϕ se requiere del valor de λ , las tablas de Tang permiten encontrar la probabilidad del error tipo II para un α especificado y valores de ϕ , df_1 , df_2 donde df_1 es el valor de los grados de libertad de la suma de cuadrados de los tratamientos, df_2 el valor de los grados de libertad del error experimental del diseño empleado.

Se considera a esta metodología la adecuada para calcular el número de repeticiones y potencia en el análisis de varianza, sin embargo, su aplicación depende del conocimiento de la varianza del error y de la magnitud del efecto de los tratamientos involucrados bajo la hipótesis

alterna, los cuales se conocen una vez realizado el experimento. Es un método iterativo en el que se calcula ϕ hasta alcanzar el valor de la potencia requerido y simultáneamente el número de repeticiones necesario.

Harris, Horvitz y Mood (1948), citado por Federer (1955), presentan un método y las tablas necesarias para determinar el número de repeticiones $(n + 1)$ requerido para obtener con una probabilidad preestablecida un indicador de que en un futuro experimento una estimación de un parámetro conocido exceda un valor especificado, para tal fin supone que en un experimento preliminar se obtiene el estimado de S_1^2 , df_1 y \bar{x}_1 , se determina que número de repeticiones permite con probabilidades α y $1 - \beta$ especificadas obtener una estimación que exceda un valor dado μ , en esa experiencia preliminar, \bar{x}_1 excede a μ por la cantidad d . Se asume que las observaciones dentro de cada población siguen una distribución normal, con varianza común; d es el tamaño especificado de la diferencia de tratamientos y el valor de k' es obtenido de las correspondientes tablas, el número de repeticiones requerido para obtener significancia al nivel de $\alpha\%$ con una probabilidad aproximada de $\gamma\%$ cuando la verdadera diferencia es d es calculado con la siguiente formula:

$$r = 2(df_2 + 1) \left(k \cdot \frac{S_1}{d} \right)^2$$

Este método determina el número de repeticiones requerido para obtener significancia en una proporción específica de experimentos, donde diferencias grandes o mayores que algunos valores de d existen. Permite determinar a priori el número de repeticiones, requiere de una estimación preliminar de la varianza, y de la diferencia que se desea detectar; pero está circunscrito a dos poblaciones.

Cochran y Cox (1950), citado por Conagin (1959) el valor de r es determinado por la fórmula:

$$r \geq 2 \left(\frac{\sigma}{\delta} \right) (t_1 + t_2)^2$$

donde δ es el valor de la diferencia que se desea detectar, σ error estándar verdadero por unidad, t_1 valor significativo de t para una prueba de dos colas, t_2 valor de t en la tabla correspondiente a la probabilidad $2(1 - p)$ y p igual a $(1 - \beta)$.

El cálculo de r se hace a través de pruebas repetidas, hasta que su valor mínimo sea encontrado. Ya que en la ecuación presentada los grados de libertad dependen de r , normalmente el número de tratamientos a probar depende del material que el investigador desea comparar y no de la precisión del experimento. Usualmente el valor de σ es desconocido, en la práctica se utilizan estimaciones de éste a partir de experimentos anteriores; esto es se sustituye σ por S . Los valores de r correspondientes a diferentes valores de σ y δ pueden encontrarse en Cochran y Cox (1950). Esta fórmula complementa al procedimiento presentado por Neyman (1935).

Pearson y Hartley (1951), construyeron las tablas de gráficas de la función de potencia de la prueba del análisis de varianza, derivadas de la distribución F no central con base en el trabajo de P. C. Tang (1938). Los autores consideran que dichas gráficas son más fáciles de manejar que las tablas anteriores debidas a Tang (1938), Patnaik (1949), y Lehmer (1944).

Las curvas ofrecen la potencia para dos niveles de significación $\alpha = 0,01$ y $\alpha = 0,05$ hay dos escalas en el eje x , dependiendo del nivel de significación empleado; cada tabla muestra dos grupos de curvas; las de la izquierda se refieren a los valores de la potencia para $\alpha = 0,01$

mientras que para $\alpha = 0,05$ debe usarse el grupo de curvas que se encuentran a la derecha, conservan el parámetro de no centralidad de Tang (λ) y establecen:

$$\phi = \sqrt{\frac{\lambda}{v_1 + 1}} = \left(\sum_{i=1}^{v_1} \frac{a_i^2}{v_1 + 1} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Se dibujan ocho gráficas correspondientes a ocho valores de $v_1 = 1, \dots, 8$ cada gráfica provee dos familias de curvas de potencia para 0,05 y 0,01; en cada familia una curva individual de potencia que corresponde a un determinado valor de v_2 y determina el valor de $\beta(\phi|\alpha, v_1, v_2)$ como ordenada contra la abscisa escala de ϕ , los valores de $v_2 = 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 20, 30, 60$ y ∞ . Las gráficas permiten encontrar el valor del error tipo II visualmente, dados los valores de ϕ, v_1, v_2, α y β en un intento por dar facilidades a los investigadores para la determinación de la potencia y número de repeticiones que un experimento debe tener.

Tukey (1953), citado por Federer (1955) plantea la siguiente ecuación para determinar el tamaño de la muestra r necesaria para obtener un intervalo de confianza $\alpha\%$ con un tamaño menor o igual a $2d$, con una certeza de $\gamma\%$ para la diferencia de cualquier par de medias:

$$r = 2 \left(\frac{S_1 t_{\alpha, df_2}}{d} \right)^2 F_{1-\gamma}(df_2, df_1)$$

El valor de $F_{1-\gamma}(df_2, df_1)$ es obtenido de la tabla de valores porcentuales de la distribución F ; S_1 es la varianza, t_{α, df_2} es valor del estadístico de Student, d es la diferencia entre dos medias de tratamientos, como t_{α, df_2} es usado para comparar dos medias, algunos ajustes son necesarios para comparar los rangos dentro del conjunto de medias

por lo que se da la siguiente ecuación para determinar el tamaño de la muestra r necesaria para obtener un intervalo de confianza $\alpha\%$ con un tamaño menor o igual a $2d$ y una certeza de $\gamma\%$:

$$r = \frac{2S_1^2 q_{v,df_2}^2 F_{1-\gamma}(df_2, df_1)}{d^2}$$

donde q_{v,df_2} es el valor tabulado para v tratamientos (rango estudentizado) y df_2 los grados de libertad encontrados en la correspondiente tabla.

Esta metodología es una extensión del método de Harris, Horvitz y Mood (1948) citado por Federer (1955), para el caso de un cierto número de diferencias escogidas a posteriori exigiendo por ello un número de repeticiones más alto para la diferencia de cualquier par de medias de un conjunto de medias.

Romero, Carney y Rojas (1966) elaboraron tablas que proveían directamente los grados de libertad del denominador en la prueba F para una potencia de prueba dada, permitiendo deducir fácilmente las repeticiones necesarias en un diseño experimental, de acuerdo con el tamaño de las diferencias que se espera detectar. Puede decirse que estas tablas son una extensión de las tablas de Tang (1938), con una variante que permite obtener los valores de f_2 a niveles fijos de α, β, λ , y f_1 . A pesar de la facilidad de uso de estas tablas es requerido el valor de la varianza experimental o su estimación ya sea por experiencia previa o un experimento piloto al igual que el tamaño de la diferencia que se espera detectar.

Pimentel (1990) plantea la modificación de la ecuación de Tukey para comparar todos o cualquier contraste entre medias de tratamiento y obtener el número de repeticiones necesario para detectar la diferencia mínima significativa como porcentaje de la media, para un

determinado número de repeticiones a ser comprobado tomando en cuenta el coeficiente de variación esto es:

$$d = q \cdot \frac{Cv}{\sqrt{r}}$$

con d igual a la diferencia mínima que se desea comprobar, q es la amplitud total estudentizada, Cv el coeficiente de variación, por otra parte el número de repetición es obtenido por la expresión:

$$r = \frac{q^2 s^2 F}{d^2}$$

donde F es el valor tabulado en las tablas de la distribución F para los grados de libertad y nivel de significancia, s^2 es estimado de un experimento análogo, al igual que el coeficiente de variación, si se dispone de este valor puede usarse la siguiente formula:

$$r = \frac{q^2 Cv^2 F}{d^2}$$

Cohen (1991) en las ciencias sociales y psicología, establece la relación existente entre las cuatro variables involucradas en la inferencia estadística: el tamaño de la muestra, nivel de significación, tamaño del efecto en la población y poder estadístico. Para cualquier modelo estadístico, esta relación es tal que una variable seleccionada entre las cuatro mencionadas será función de las otras tres. El tamaño del efecto es el grado en que el investigador cree que la hipótesis nula es falsa, este es indexado por la discrepancia entre la hipótesis nula y la hipótesis alterna, cada prueba estadística tiene su propio índice de tamaño del efecto, propone usar la siguiente convención para clasificarlo: pequeño, medio y grande.

Proporcionó tablas clasificando los tamaños de efecto, para cada tipo de prueba estadística, establece para el análisis de varianza de una vía que los tamaños de efecto son: pequeño = 0.10, mediano = 0.30 y grande = 0.40, el índice del tamaño del efecto es determinado por:

$$f = \frac{\sigma_m}{\sigma}$$

donde σ_m es la desviación estándar del grupo de medias μ_i y σ es la desviación estándar dentro de cada uno de los k grupos, del mismo tamaño que se comparan. Se usa esta clasificación en caso de carecer de un estimado del tamaño del efecto en la población.

Torres y Seguí (2001) desarrollaron un procedimiento práctico para determinar el valor de la función de potencia, después que se han conducido los experimentos, se usaron los resultados del análisis de varianza de cada indicador. El parámetro de no centralidad se estima como el cociente entre la suma de cuadrados corregida de la causa de variación, tratamientos y el cuadrado medio del error, esto puede expresarse como:

$$\lambda = \frac{SCTratamientos}{CMError}$$

La probabilidad para la distribución F' (F no central), se obtiene con la aproximación de Patnaik (1949) y con este valor determinaron la función de potencia de cada experimento, concluyen para qué indicadores el tamaño de muestra (número de repetición) fue adecuado y para cuáles se precisa trabajar con un número mayor de muestras en investigaciones futuras. Es un procedimiento efectivo para encontrar el valor del parámetro de no centralidad de forma expedita en el cuadro del análisis de varianza y concuerda con el resultado arrojado por SPSS

Kuehl (2001) propone lo siguiente:

Es difícil especificar los efectos deseados para un conjunto de tratamientos completo. Tal vez sea más sencillo especificar la diferencia entre cualquier par de medias de tratamiento que fuera biológica o físicamente significativa, suponga que se desea detectar el nivel de significancia con una diferencia de $D = \mu_i - \mu_j$, en este caso el valor mínimo de ϕ^2 es :

$$\phi^2 = \frac{rD^2}{2t\sigma^2}$$

al igual que en otros métodos es requerido un valor estimado de la varianza experimental.

(p.64)

Montgomery (2004) sugiere que:

Un enfoque alternativo es seleccionar un tamaño de la muestra tal que, si la diferencia entre las medias de dos tratamientos cualesquiera excede un valor especificado, la hipótesis nula deberá rechazarse. Si la diferencia entre las medias de dos tratamientos cualesquiera es tan grande como D , puede demostrarse que el valor mínimo de ϕ^2 es:

$$\phi^2 = \frac{nD^2}{2a\sigma^2}$$

Puesto que éste es un valor mínimo de ϕ^2 , el tamaño de la muestra correspondiente que se obtiene de la curva de operación característica es un valor conservador; es decir, proporciona una potencia al menos tan grande como la que especificó el experimentador.

(p.108-109)

Menéndez, Jamed (2006) estudian la potencia en el marco de un análisis de varianza.

Un análisis prospectivo de potencia es utilizado para la determinación de repeticiones de los

diferentes niveles que se comparan. Este análisis está basado en Scheffé (1959), pero usando las facilidades de cómputo actual. En consecuencia, no es necesario considerar las gráficas de Pearson y Hartley (1951), donde la potencia es determinada de manera visual y por tanto aproximada o una aproximación de la distribución de probabilidad mediante la aproximación de Patnaik (1949). La propuesta hecha por estos autores considera expresar el valor de σ^2 en términos de Δ el efecto mínimo de los tratamientos, sin embargo debe conocerse el valor aproximado de σ .

Lozano (2011) expone un modelo para la determinación del número mínimo de observaciones en estudios e investigaciones de un solo factor. Para este modelo se obvió la “predicción” o estimación a priori de la varianza de los datos, empleando, en su lugar, el valor crítico del nivel de confianza y el valor del poder estadístico de la prueba o potencia del contraste deseado. La aplicación del modelo mostró un comportamiento aceptable en varias investigaciones ejecutadas a nivel experimental en el ámbito académico y puede ser aplicado en estudios de tecnologías inéditas o con diseños experimentales de un solo factor, en investigaciones efectuadas con recursos económicos y físicos limitados o en proyectos en donde se requiera disminuir costos.

Con estas consideraciones, en un experimento comparativo (un grupo control y un grupo experimento), el número mínimo de muestras puede ser estimado mediante la ecuación:

$$n = \frac{[z_{\alpha}\sqrt{2p(1-p)} + z_{\beta}\sqrt{p_1(1-p_1) + p_2(1-p_2)}]^2}{(p_1 - p_2)^2}$$

donde, n número mínimo de muestras u observaciones o individuos necesarios en cada grupo, z_{α} valor estadístico correspondiente al nivel de confianza asignado (error tipo I), z_{β} valor

estadístico correspondiente al poder o potencia asignada a la prueba (error Tipo II), p_1 valor de la proporción en grupo de referencia, p_2 tamaño de la proporción en el grupo del nuevo tratamiento, p media de las proporciones $\frac{p_1+p_2}{2}$.

La ecuación se fundamenta en los planteamientos probabilísticos de la comparación de proporciones y los contrastes de hipótesis. El modelo se constituye en un planteamiento alternativo frente a las expresiones convencionales, en casos donde no es posible estimar la discrepancia de los datos futuros.

La mayoría de los procedimientos definidos para determinar el número de repeticiones requiere del valor de la varianza, en el caso del análisis de varianza; del cuadrado medio del error y del valor del efecto medio de los tratamientos que producen el rechazo de la hipótesis nula.

Melo, López y Melo (2007) sugieren que el investigador debe formularse la siguiente pregunta: ¿Cuántas repeticiones son necesarias para detectar con probabilidad $1 - \beta$ diferencias de tratamientos especificadas si se usa una prueba de tamaño α ? responder esta interrogante se traduce en objetivos muy definidos que el investigador debe tener al planificar y realizar el experimento.

METODOLOGIA

Propuesta de aproximación al parámetro de no centralidad aproximado λ_A

Con base en las expresiones descritas por Kuehl (2001) y Montgomery (2004), como alternativas para la determinación de la función del parámetro de no centralidad, las cuales se muestran a continuación:

$$\phi^2 = \frac{rD^2}{2t\sigma^2} \quad y \quad \phi^2 = \frac{nD^2}{2a\sigma^2}$$

donde r y n corresponden al valor del número de repeticiones, t y a representan el valor del número de tratamientos, D^2 es el valor de la diferencia física o biológicamente significativa entre tratamientos y σ^2 el valor del error experimental.

Machado (2015) propone sustituir el valor de D^2 con el valor de la diferencia significativa entre cualesquiera dos medias de tratamiento, de forma relativa respecto de la media general y en lugar de σ^2 el valor del coeficiente de variación, el cual también es una medida de dispersión relativa.

Determinar el valor de λ con base en la metodología de P. C. Tang (1938), suele resultar difícil en la práctica, ya que el verdadero efecto medio de los tratamientos es desconocido. “Una manera de determinar su valor es elegir los valores reales de las medias de los tratamientos para los que querría rechazarse la hipótesis nula con una alta probabilidad” (Montgomery, 2004, p.107).

En otras palabras, “sería más sencillo especificar la diferencia entre cualesquiera dos medias de tratamiento que fuera biológica o físicamente significativa” (Kuehl, 2001, p.64).

Si $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_t$ son las medias de tratamiento, el valor de:

$$\tau_i = \mu_i - \bar{\mu} = \mu_i - \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t \mu_i$$

donde $\bar{\mu}$ es la media de los tratamientos individuales.

En un experimento comparativo, bajo un diseño clásico y con un sólo factor de efecto fijo τ_i , el análisis de la varianza permite contrastar el sistema de hipótesis:

$$\begin{cases} H_0: \sigma_{trat}^2 = \sigma_{EE}^2 \Rightarrow \frac{\sigma_{trat}^2}{\sigma_{EE}^2} = 1 \\ H_1: \sigma_{trat}^2 > \sigma_{EE}^2 \Rightarrow \frac{\sigma_{trat}^2}{\sigma_{EE}^2} > 1 \end{cases}$$

de manera equivalente para el efecto fijo y valores de “t” y “r” dados:

$$\begin{cases} H_0: \frac{\sigma_{EE}^2 + r \frac{\sum_1^t \tau_i^2}{(t-1)}}{\sigma_{EE}^2} = 1 \\ H_1: \frac{\sigma_{EE}^2 + r \frac{\sum_1^t \tau_i^2}{(t-1)}}{\sigma_{EE}^2} > 1 \end{cases}$$

puede establecerse: $\begin{cases} H_0: \tau_i = 0 \\ H_1: \tau_i \neq 0 \end{cases}$

$$\tau_i = \mu_i - \mu \quad \text{Con } i = 1, 2, 3, \dots, t$$

donde se plantea el sistema de hipótesis de la forma (prueba de hipótesis simultánea para un conjunto de medias):

$$\begin{aligned} H_0: \mu_1 &= \mu_2 = \mu_3 \dots = \mu_t \\ H_1: \mu_i &\neq \mu_j \quad i \neq j \end{aligned}$$

si la evidencia obtenida es suficiente como para rechazar H_0 , el análisis de la varianza ofrece información sobre “si alguna de las medias es significativamente diferente de cualquier otra”. Entonces existen diferencias significativas entre al menos un par de medias (μ_i, μ_j) para algún $i \neq j$; considerando la propuesta alternativa hecha por Kuehl (2001), el valor estimado de ϕ^2 es

$$\phi^2 = \frac{rD^2}{2t\sigma^2} \quad (28)$$

Suponga que se desea detectar bajo un nivel de significancia dado, una diferencia cualquiera entre las medias de dos tratamientos, $D = \mu_i - \mu_j$ y considerando que el parámetro de no centralidad de la distribución F no central establecido por Tang (1938), está definido por:

$$= \frac{r}{2\sigma^2} \sum_i (\mu_i - \mu)^2 \quad (29)$$

se define $\tau_i = \mu_i - \mu$ luego en la ecuación (29) $\sum_i (\mu_i - \mu)^2 = \sum_i \tau_i^2$.

Como se mencionó $D = \mu_i - \mu_j$, para μ_i y μ_j se definen $\tau_i = \mu_i - \mu$ y $\tau_j = \mu_j - \mu$ con $\mu = \frac{\mu_i + \mu_j}{2}$ entonces

$$\begin{aligned} \sum \tau_i^2 &= \tau_i^2 + \tau_j^2 = (\mu_i - \mu)^2 + (\mu_j - \mu)^2 = \left(\mu_i - \frac{\mu_i + \mu_j}{2}\right)^2 + \left(\mu_j - \frac{\mu_i + \mu_j}{2}\right)^2 \\ &= \left(\frac{\mu_i - \mu_j}{2}\right)^2 + \left(\frac{\mu_i - \mu_j}{2}\right)^2 = \left(\frac{D}{2}\right)^2 + \left(\frac{D}{2}\right)^2 = \frac{2D^2}{4} = \frac{D^2}{2} \end{aligned} \quad (30)$$

Considerando la función del parámetro de no centralidad establecida por Tang (1938).

$$\phi = \sqrt{\frac{2\lambda}{t}} \Rightarrow \sqrt{\frac{2r \sum_i \tau_i^2}{t2\sigma^2}} \quad (31)$$

con lo cual:

$$\phi = \sqrt{\frac{r \sum_i \tau_i^2}{t\sigma^2}} \Rightarrow \phi^2 = \frac{r \sum_i \tau_i^2}{t\sigma^2} \quad (32)$$

puede establecerse que:

$$\phi = \sqrt{\frac{\lambda}{t}} \Rightarrow \phi^2 = \frac{\lambda}{t} \quad (33)$$

de la ecuación (33) se deriva que $\lambda = \phi^2 \cdot t$

sustituyendo en la ecuación (32) la expresión $\sum_i \tau_i^2$ por $\frac{D^2}{2}$ en (30) y llamando ϕ_A^2 la aproximación generada de la función del parámetro de no centralidad se tiene lo siguiente:

$$\phi_A^2 = \frac{r \sum_i \tau_i^2}{t\sigma^2} \Rightarrow \phi_A^2 = \frac{rD^2}{2t\sigma^2} \quad (34)$$

Tomando la diferencia significativa entre medias de tratamiento de forma relativa, denominada D_r y el valor del coeficiente de variación de los datos como los valores de D^2 y σ^2 , en la ecuación (34) se obtiene:

$$D_r = \frac{\mu_i - \mu_j}{\mu} \cdot 100 = \frac{D}{\mu} \cdot 100 \Rightarrow D = \frac{D_r \cdot \mu}{100} \quad (35)$$

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100 \Rightarrow \sigma^2 = \left(\frac{CV \cdot \mu}{100} \right)^2 \quad (36)$$

Sustituyendo las expresiones (35) y (36) en la ecuación (34)

$$\phi_A^2 = \frac{rD^2}{2t\sigma^2} = \frac{r \left(\frac{D_r \mu}{100} \right)^2}{2t \left(\frac{CV \mu}{100} \right)^2} \quad (37)$$

Simplificando (37)

$$\phi_A^2 = \frac{rD_r^2}{2tCV^2} \quad (38)$$

una aproximación a la función del parámetro de no centralidad que no depende de estimaciones de σ^2 y $\sum \tau_i^2$, sino de valores relativos de la diferencia de las medias de tratamientos y del coeficiente de variación, de forma adimensional; de acuerdo a la ecuación (33) λ_A se denomina parámetro de no centralidad aproximado definido por:

$$\lambda_A = \phi_A^2 \cdot t \quad (39)$$

λ_A también puede ser obtenido por la siguiente expresión:

$$\lambda_A = \frac{rD_r^2}{2CV^2} \quad (40)$$

El valor de $\sum \tau_i^2$ expresa una medida de la variación o dispersión de las medias de tratamiento respecto de la media general de estos y es utilizado para determinar el parámetro de no centralidad con la metodología establecida por Tang (1938) por otra parte se otorga a D_r el mayor valor de la diferencia significativa entre medias de tratamientos encontrada al aplicar la metodología de comparaciones múltiples, una vez localizada, la metodología de la aproximación propuesta toma su valor y lo expresa como proporción de la media general del grupo de tratamientos, provee una estimación de cuanto de la media general de tratamientos está involucrado en el rechazo de la hipótesis nula, con lo que D_r es un porcentaje.

D_r puede considerarse como una estimación del valor del efecto que se quiere detectar con el experimento a realizar ya que “dada la dificultad en especificar los efectos deseados para un conjunto de tratamientos completo, tal vez sea más sencillo especificar la diferencia entre

cualquier par de medias de tratamiento que fuera biológica o físicamente significativa” (Kuehl 2001, p 64.)

La metodología de la aproximación propuesta asume el procedimiento alternativo mostrado por Kuehl (2001) y Montgomery (2004) pero expresa la diferencia entre tratamientos como proporción de la media general, lo que involucra también a los demás tratamientos, se utiliza el valor de la mayor diferencia encontrada ya que este supone el mayor peso en la proporción de la media general de tratamientos que implica el rechazo de la hipótesis nula, cabe recordar que los métodos de comparaciones múltiples son aplicables al ocurrir el rechazo de la hipótesis nula, al relativizar esta diferencia es lógico asumir que en todos los experimentos, donde el resultado del análisis de varianza fue el rechazo de H_0 existe una diferencia relativa que el investigador puede establecer como porcentaje de la media, dada su experiencia sobre los elementos involucrados en su ensayo, por lo tanto puede establecerse su valor en el intervalo [1,100]%

Procedimiento de comparación

A fin de establecer la comparación entre las metodologías de cálculo del parámetro de no centralidad, se dispuso de datos reales correspondientes a ensayos en cada una de las modalidades más importantes de la experimentación agrícola, J. L. de la Loma (1982) los clasifica de la siguiente manera:

- a) Ensayos comparativos de variedades, líneas o descendencias.
- b) Ensayos relativos a la aplicación de fertilizantes.
- c) Ensayos referentes a los tratamientos para prevenir o combatir plagas y enfermedades.
- d) Ensayos relativos a prácticas de cultivo.

Se adoptó la modalidad de uso de estos datos en virtud de que los mismos permitieron la estimación de los parámetros requeridos en escenarios de comparación cuyos contextos son reales y contrastantes, esto proporcionó a los resultados obtenidos mayores elementos sobre las bondades de la metodología propuesta y su alcance.

Por otra parte, es ampliamente conocido que las magnitudes asociadas al número de tratamientos y repeticiones más comúnmente empleadas en la investigación agrícola tienen particulares diferencias con otras áreas, como por ejemplo la experimentación en el área social, en donde el número de repeticiones es substantivamente mayor.

Como se ha sugerido, la comparación se realizó en cada ensayo encontrado de las modalidades mencionadas, donde probablemente los valores de $CMEE$, $\sum \tau_i^2$, r , t , v_1 , v_2 sean completamente diferentes debido a sus condiciones inherentes, con lo que se garantiza que el cálculo del parámetro de no centralidad y potencia se efectúe sobre valores reales de distintas situaciones experimentales.

A cada modalidad de experimentación se le determinó el parámetro de no centralidad aplicando el método establecido por Tang (1938) el cual se denominó λ_T y luego aplicando la metodología propuesta en este trabajo λ_A . A continuación se calcula la potencia $(1 - \beta)$ empleando la función programada para Excel por Nelson, J.B. (2016), con los valores de v_1, v_2, λ_T , se denotó por $(1 - \beta)_T$ o P_T , de la misma manera se obtiene la potencia con v_1, v_2, λ_A para obtener $(1 - \beta)_A$ o P_A , la potencia utilizando la propuesta de aproximación.

Al calcular el parámetro de no centralidad con la metodología propuesta se requiere del valor de $CMEE$ para determinar el valor de Cv , la magnitud de la mayor de las diferencias significativas entre medias observadas en los tratamientos involucrados, a fin establecer el valor

de D_r , tomando las estimaciones realizadas en los experimentos como valores más probables de los parámetros

Puede caracterizarse el comportamiento de los métodos usados, observando los valores de interés involucrados en la determinación de la potencia en cada modalidad de experimentación, encontrados con el método de Tang (1938) y con la metodología propuesta. Se procedió a trazar las gráficas de las potencias P_T y P_A contra r y observar sus comportamientos al incrementar r .

Finalmente se estableció un indicador de la bondad de la aproximación propuesta calculando el coeficiente de ajuste R^2 entre el valor encontrado con la metodología establecida por Tang (1938) y la aproximación propuesta mediante una regresión lineal simple, tomando P_A como predictor de P_T .

A continuación, se expone un esquema contentivo de los pasos a seguir para realizar la comparación requerida entre los dos métodos de cálculo planteados:

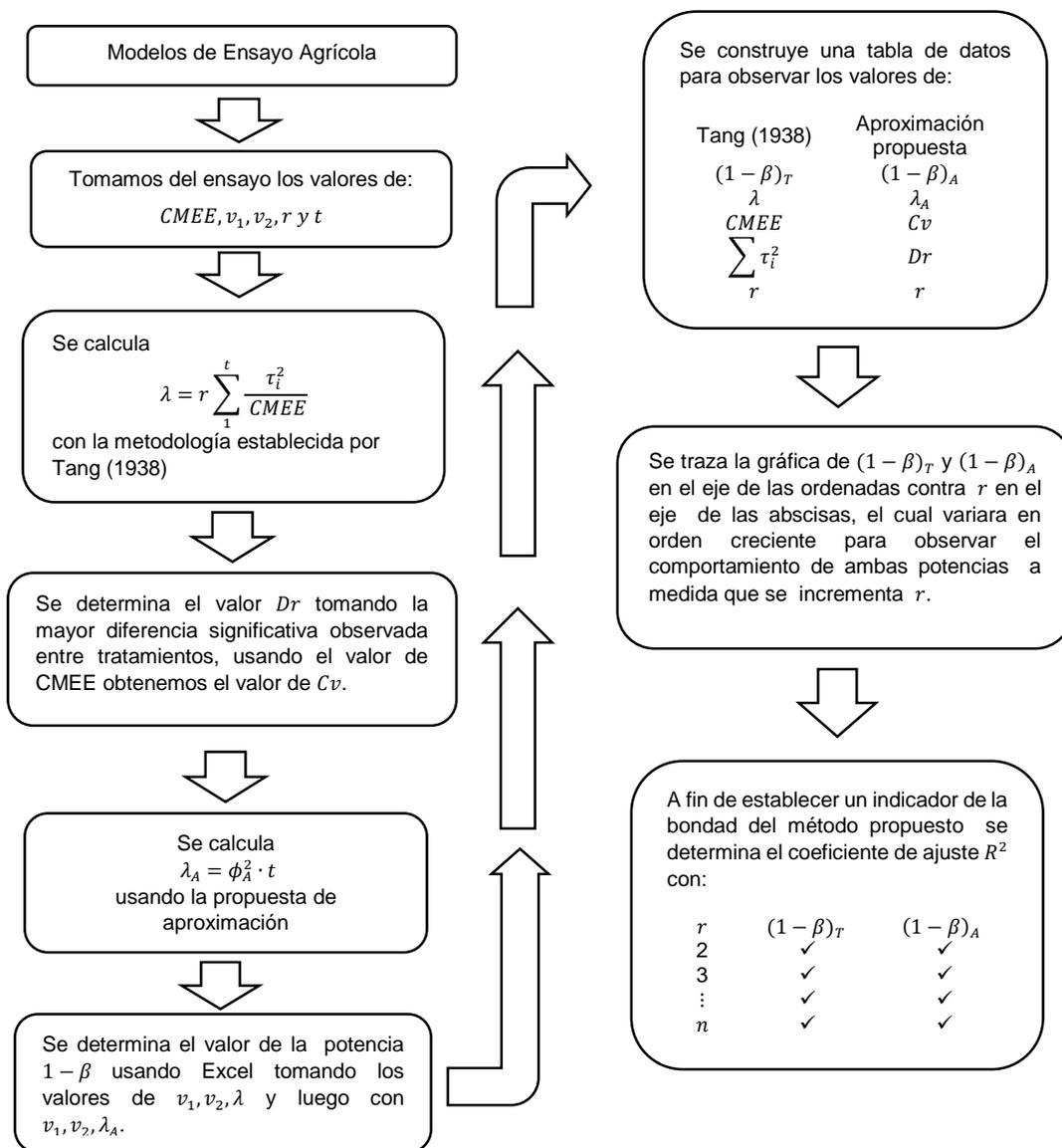


Figura 1 . Esquema de los pasos definidos con el que se llevó a cabo la comparación entre los métodos de cálculo planteados.

El esquema descrito fue aplicado en su totalidad a las modalidades de experimentación ya mencionadas. Seguidamente, se presenta la descripción de los ensayos utilizados en este trabajo, tanto de campo, como ejemplos de la bibliografía existente sobre diseño experimental en los cuales ocurrió el rechazo de la hipótesis nula.

Tabla 1

Descripción e identificación de los ensayos sobre los cuales se efectuó el análisis de potencia aplicando la metodología de P.C. Tang (1938) y la aproximación propuesta.

Identificación	Tipo	Diseño	Repeticiones	Tratamientos	Respuesta	Autor	Año
a-1	a)	BA	6	6	comportamiento de algunos cultivares promisorios de zanahoria	Machado W.	2000
a-2	a)	BA	4	8	competencia de variedades de patata	Pimentel	1991
a-3	a)	CA	4	6	competencia de variedades de melón	Bayo Lawal	2014
b-1	b)	BA	3	9	Influencia de la fertilización nitrogenada y densidad de siembra	Ascanio, Chacín y Machado	1997
b-2	b)	BA	4	6	Fertilización nitrogenada en espigas de trigo en crecimiento	Kuehl Roberth	2001
b-3	b)	BA	4	8	Fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio	Pimentel	1991
c-1	c)	BA	4	5	eficacia de varias dosis de productos químicos para el control del insecto, <i>T. orizicolus</i>	Vivas, Astudillo y Campos	2007

BA corresponde al diseño experimental en bloques al azar y CA a los diseños completo al azar.

Dado el limitado número de ensayos que se logró encontrar con la característica principal de la ocurrencia del rechazo de la hipótesis nula como resultado de la prueba del análisis de varianza, se simularon 54 ensayos en un diseño de bloque al azar (BA) y 54 ensayos en un diseño

completo al azar (CA), con el propósito de observar con mayor detalle los resultados de la aplicación de la metodología de la aproximación propuesta.

A cada ensayo se le determinó la potencia aplicando ambos métodos, todos los ensayos tienen cuatro repeticiones y seis tratamientos fueron separados en tres grupos de 18 ensayos, cada grupo tiene un coeficiente de variación común aproximado hasta de 5%, 10% y 20% respectivamente ya que además de la diferencia relativa, es presumible pensar que el coeficiente de variación influya en el valor del parámetro de no centralidad obtenido y por lo tanto en el valor de la potencia.

Se estableció el valor de la media general de tratamientos en 100, se asignaron arbitrariamente los valores para la suma de los τ_i tal que su valor es igual a cero, los errores se generaron aleatoriamente siguiendo una distribución normal con media cero y desviación estándar de 5,10, o 20 según el coeficiente de variación, finalmente se obtiene la respuesta sumando estos componentes como en el modelo lineal aditivo, se realizó el análisis de varianza para cada ensayo simulado con un nivel de confianza de 0,05.

Procedimiento de aplicación de λ_A

Determinado el valor de la aproximación al parámetro de no centralidad λ_A se procedió a calcular la potencia

$$1 - \beta = 1 - \int_0^{F(\alpha, v_1, v_2)} P(F'(v_1, v_2, \lambda_A)) dF'$$

mediante el uso de la función desarrollada por Nelson, J. B. (2016) la cual puede implementarse directamente en Excel, se determinó el valor de beta β , el valor arrojado por esta función es equivalente al que se obtiene usando la función $Ncdf.F(c,gl1,gl2,nc)$ de SPSS 23 que devuelve

la probabilidad acumulada de que un valor de la distribución F no centrada con los grados de libertad g_1, g_2 y el parámetro de no centralidad nc dados, sea menor que la cantidad c .

De resultar en todos los casos un elevado coeficiente de ajuste podemos concluir que la aproximación generada del parámetro de no centralidad por el método propuesto, cumple satisfactoriamente el objetivo planteado, ya que permitirá a priori conocer el valor de la potencia y número de repetición que deberá tener el experimento en relación con los demás aspectos involucrados en la planificación del mismo, esto hace posible la elaboración de tablas de potencia para esta metodología.

De acuerdo a la formula anterior y dada la forma en la que es encontrado el parámetro aproximado de no centralidad λ_A , pueden generarse las correspondientes tablas de potencia para los valores dados de coeficiente de variación Cv y diferencia relativa Dr . Estas tablas de potencia se indexan por número de repeticiones r , número de tratamientos t , nivel de significación $\alpha = 0,05$ $\alpha = 0,01$ y diferencia relativa; para el siguiente rango de valores:

$$r = 3, \dots, 30$$

$$t = 2, \dots, 15$$

Los valores estimados de la diferencia relativa Dr y del coeficiente de variación Cv , varían en:

$$Dr = 1, 2, 3, 4, 5, \dots, 30\%,$$

$$Cv = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, \dots, 30\% .$$

RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados obtenidos sobre los experimentos a-1, a-2, a-3, b-1, b-2, b-3 y c-1.

Se muestran los resultados de la aplicación de la metodología de P.C. Tang (1938) y la aproximación propuesta a los ensayos descritos en la tabla 1, para determinar el valor aproximado de la potencia de la prueba en el análisis de varianza correspondiente, con ambos procedimientos y observar su comportamiento siguiendo el esquema descrito en la figura 1 y establecer la comparación entre los procedimientos y las posibles bondades del método propuesto.

Se establece: primero, la construcción de una tabla de datos para observar los valores obtenidos al aplicarse la metodología de P.C. Tang (1938) y la aproximación propuesta en esta investigación al análisis de varianza de cada ensayo, segundo: representación gráfica de la potencia obtenida con el uso de ambos métodos frente al incremento del número de repeticiones, tercero: determinación del coeficiente de ajuste R^2 en un modelo de regresión lineal simple donde se define la potencia obtenida por el método de Tang (1938) como la variable dependiente y a la potencia obtenida por la aproximación propuesta como predictor, para niveles de confianza de 0,05 y 0,01.

Tabla 2
 Valores obtenidos con la aplicación de la metodología de Tang (1938) y la aproximación propuesta, a los ensayos descritos en la tabla 1.

Ensayo	r	α	Metodología de P.C. Tang (1938)				Aproximación Propuesta			
			λ_T	$CMEE$	$\sum \tau_i^2$	$(1 - \beta)_T$	Dr	CV	λ_A	$(1 - \beta)_A$
a-1	6	0,05	23,61	2,15	8,46	0,940	29,91	13,47	14,80	0,766
		0,01				0,789				0,500
a-2	4	0,05	107,62	8,54	229,93	0,999	74,82	14,83	50,91	0,998
		0,01				0,999				0,979
a-3	6	0,05	70,25	18,38	215,25	0,999	66,78	15,99	52,35	0,999
		0,01				0,999				0,998
b-1	3	0,05	38,88	0,148	1,918	0,966	33,39	9,1	20,20	0,729
		0,01				0,826				0,426
b-2	4	0,05	27,95	7,2	50,33	0,915	17,26	6,37	14,64	0,692
		0,01				0,891				0,541
b-3	4	0,05	27,19	0,16	1,31	0,924	43,9	16,13	14,81	0,657
		0,01				0,738				0,367
c-1	4	0,05	14,34	42,99	154,13	0,703	31,86	12,69	12,61	0,640
		0,01				—				—

Para el ensayo c-1 no ocurrió rechazo de la hipótesis nula con α de 0,01

La tabla 2 muestra los valores de interés obtenidos al aplicar ambos métodos a cada ensayo, posterior a la realización del correspondiente análisis de varianza, con niveles de confianza de 0,01 y 0,05 por lo que para cada ensayo se obtienen dos valores de la potencia, los valores de r , λ_T , $CMEE$, $\sum \tau_i^2$, Dr , CV y λ_A se mantienen constantes. Seguidamente se muestran gráficas de línea representado al valor de la sensibilidad obtenida con la aplicación de la metodología establecida por Tang (1938) y el método de la aproximación propuesta para cada uno de los ensayos descritos en la tabla 1, frente al incremento del número de repetición.

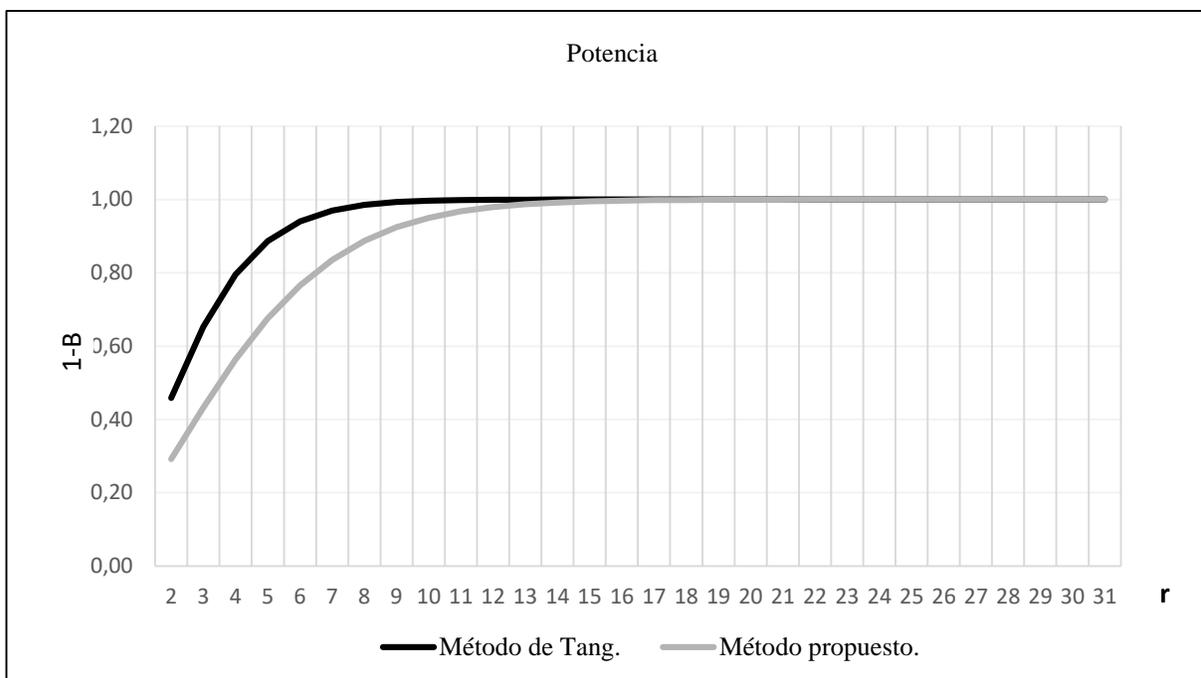


Figura 3. Potencia obtenida con la aplicación de los métodos al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,05.

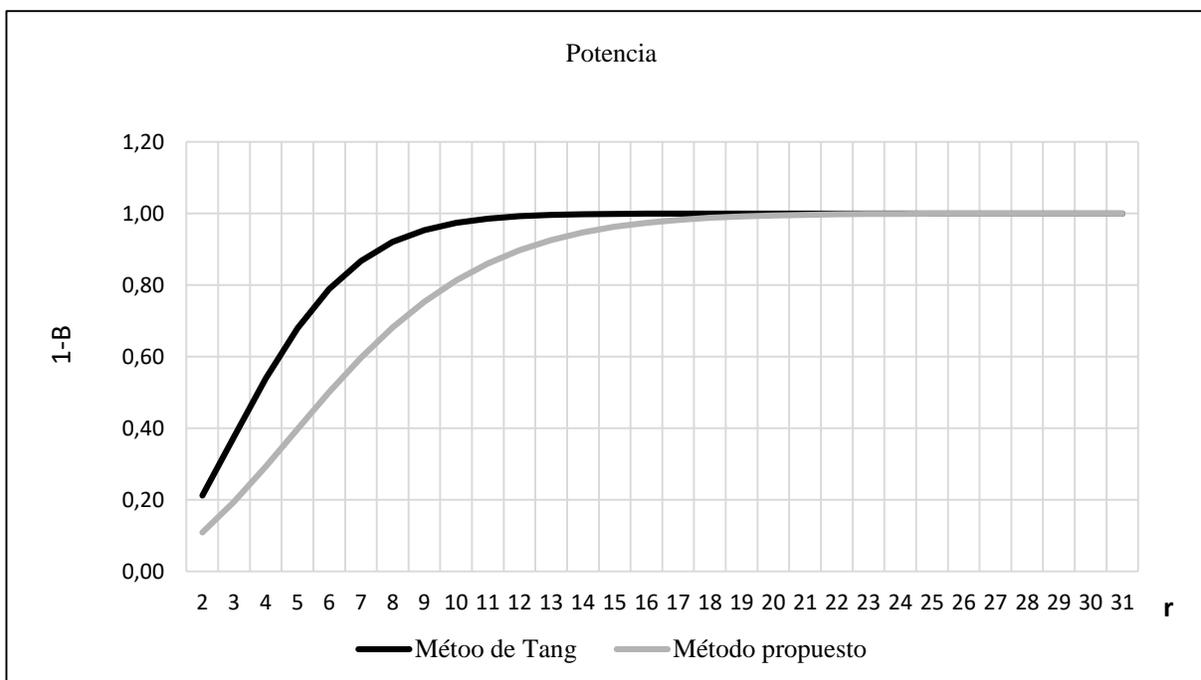


Figura 2. Potencia obtenida con la aplicación de los métodos al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,01.

En las figuras 2 y 3 a simple vista puede observarse que la sensibilidad obtenida por la metodología propuesta se hace equivalente al valor determinado por el método de Tang (1938) al incrementarse el número de repeticiones, se muestra que para el nivel de confianza de 0,01 el método propuesto requiere de un incremento mayor en el número de repetición.

En ambos casos el coeficiente de variación CV , de los datos fue de 13,47% y la diferencia relativa encontrada Dr de 29,91; la siguiente gráfica muestra el caso de la figura 1, pero arbitrariamente se redujo el CV de los datos a 11%, para el cálculo con el método de la aproximación propuesta

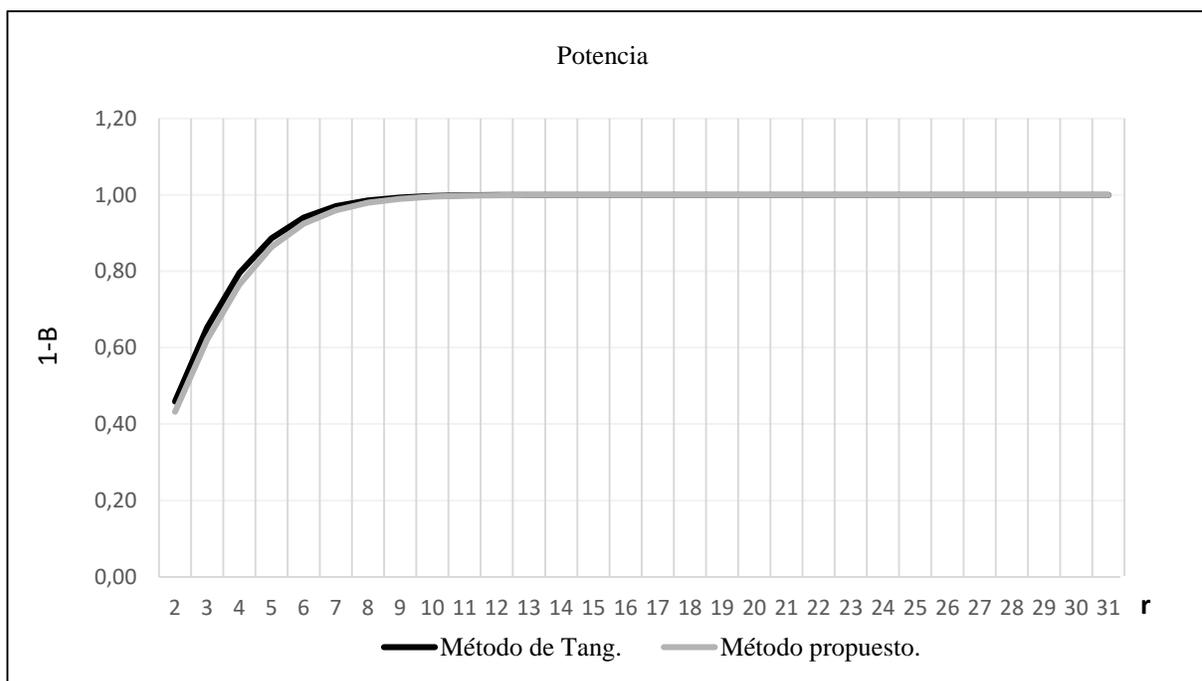


Figura 4. Sensibilidad obtenida al aplicar el método propuesto al ensayo a-1, con un nivel de significación de 0,05 y el coeficiente de variación de 11%.

se observa en la figura 4 que el método de la aproximación propuesta determina, con el mismo número de repetición un valor de la sensibilidad casi tan grande como el obtenido por el método

comparado al reducir la variabilidad de los datos, la sensibilidad que se obtendría con 11% como coeficiente de variación es de 0,92.

La siguiente figura muestra la curva ajustada de la regresión lineal simple, definiendo la respuesta como la potencia obtenida por el método de Tang (1938) y al predictor definido por el valor de la potencia obtenida por el método propuesto en el ensayo a-1 con el coeficiente de variación de 13,47% Se observa que el coeficiente de ajuste resultante es de 0,913 con lo que la metodología propuesta explica en un 91% a la variable dependiente.

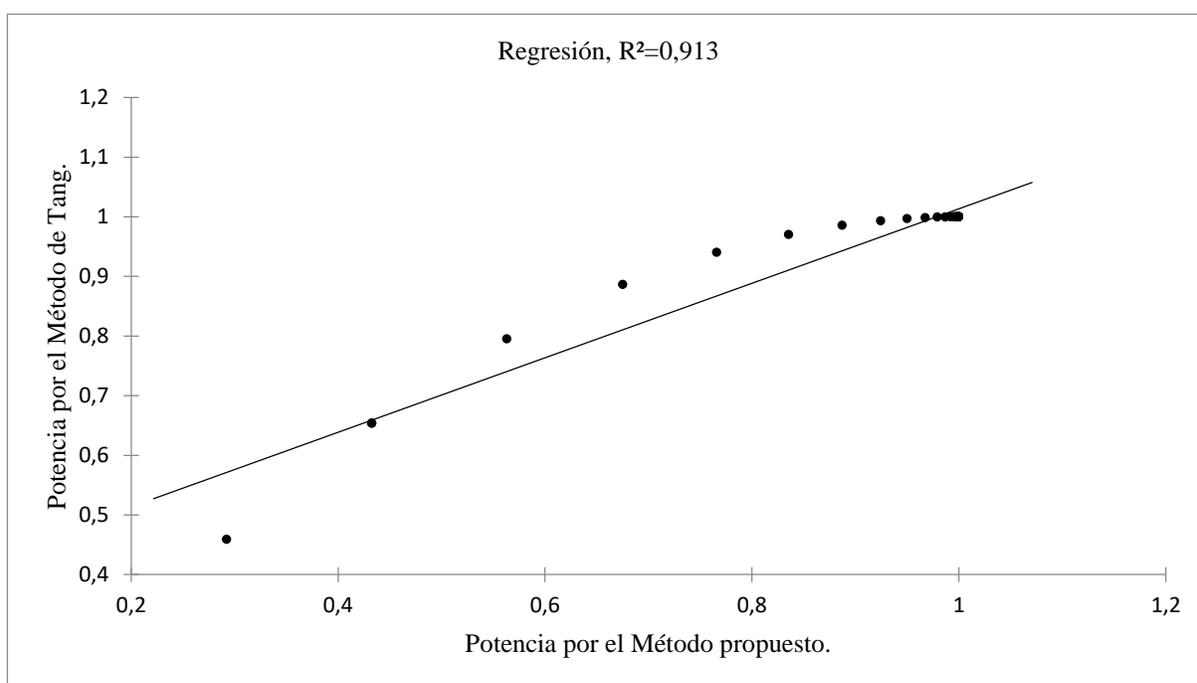


Figura 5. Regresión lineal simple, variable: dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia obtenida por el método propuesto.

A continuación, se presentan las figuras correspondientes a los resultados de la aplicación de las metodologías ya mencionadas al ensayo a-2.

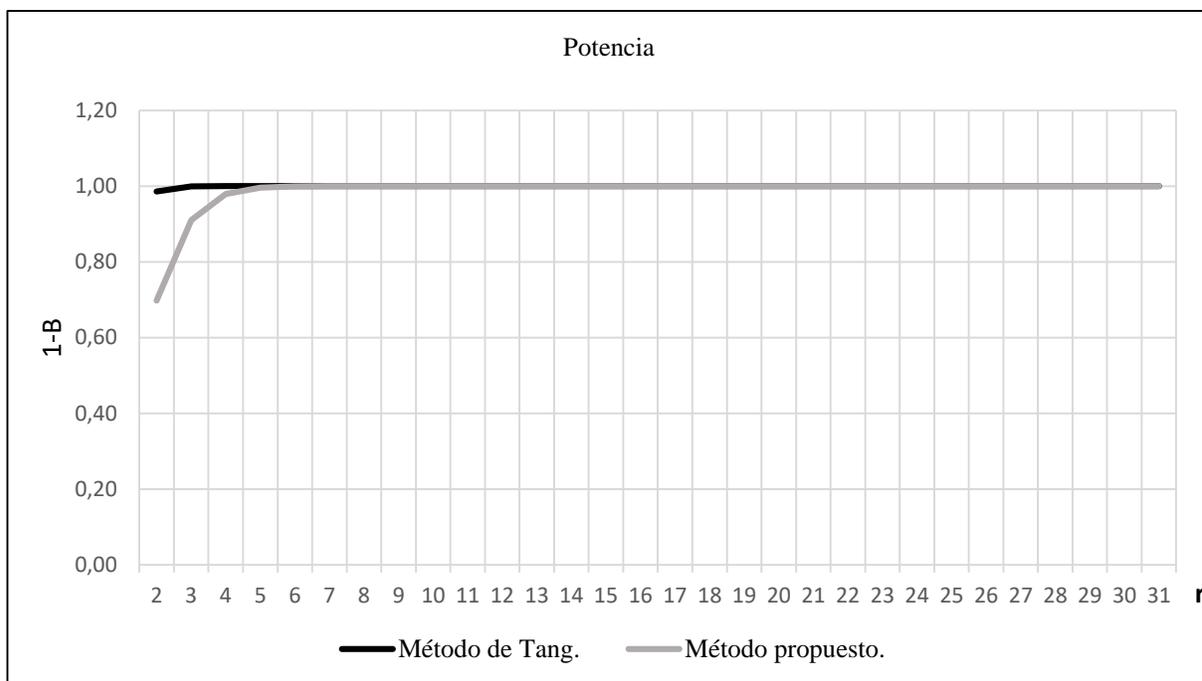


Figura 7. Sensibilidad obtenida al aplicarse ambas metodologías al ensayo a-2, frente al incremento del número de repetición, alfa de 0,01.

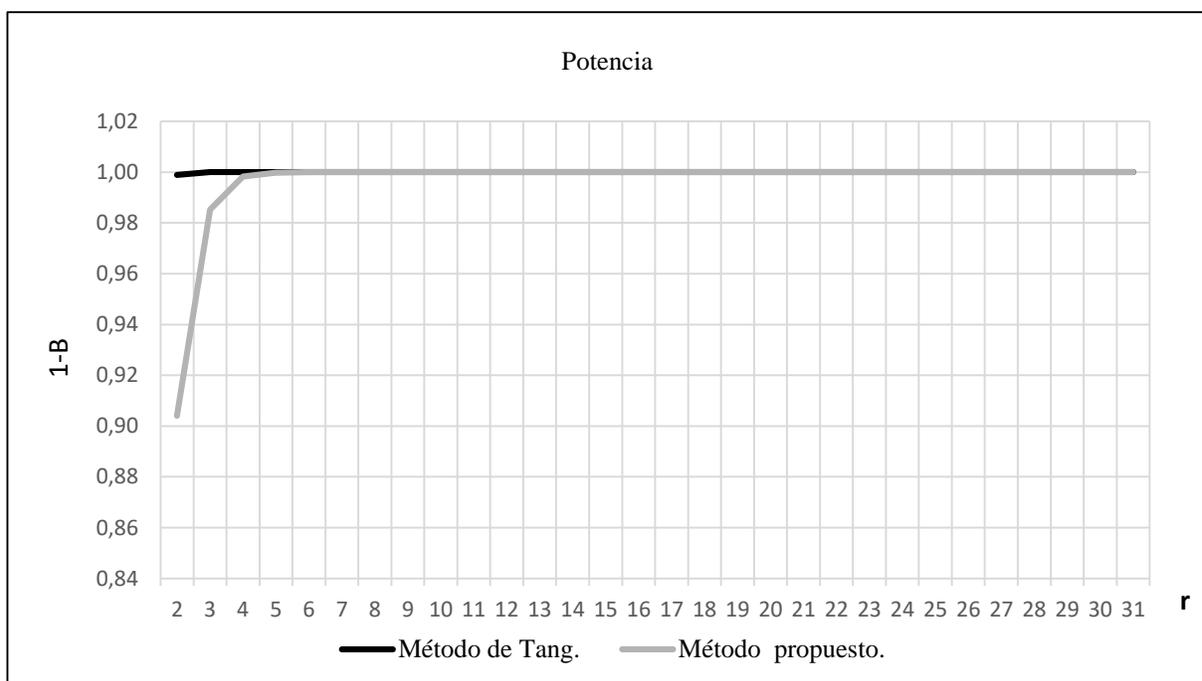


Figura 6.. Gráfica de la sensibilidad obtenida al aplicarse ambas metodologías al ensayo a-2, frente al incremento del número de repetición, alfa de 0.05.

Puede observarse en la figura 6, que el valor de la potencia determinado por el método propuesto alcanza con rapidez al valor de la sensibilidad obtenido por el método comparado, la variabilidad en este caso es de 14,83% y la diferencia relativa encontrada fue de 74,82; en la figura 7 se observa que no se requiere un incremento en el número de repetición para alcanzar el valor de la potencia dado por el método comparado. Se muestra a continuación la curva ajustada de regresión lineal en las mismas condiciones que para la figura 5 aplicada a los datos del ensayo a-2

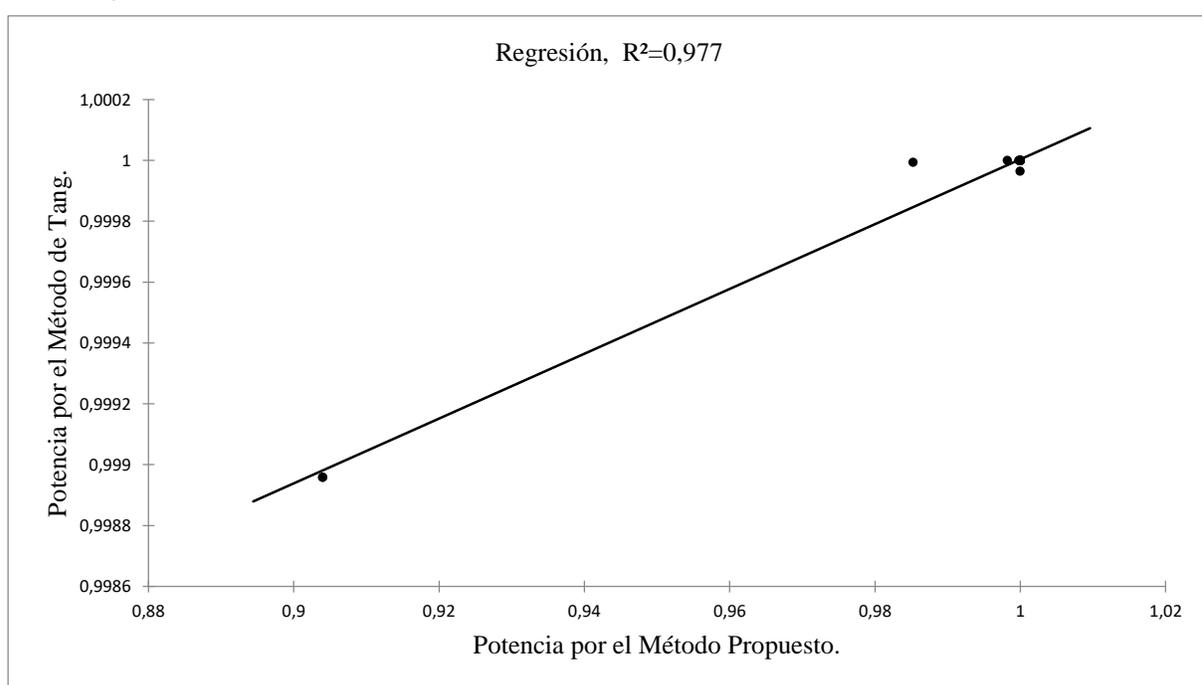


Figura 8. Regresión lineal simple, variable: dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia obtenida por el método propuesto para el ensayo a-2.

Se observa un elevado valor del coeficiente de ajuste, en este caso los resultados que se obtuvieron de la potencia son muy similares, la diferencia relativa encontrada es elevada, 75% de la media general de tratamientos con lo que permite tener una buena aproximación al valor comparado. Análogamente se se presentan los resultados que se obtuvieron para el ensayo a-3

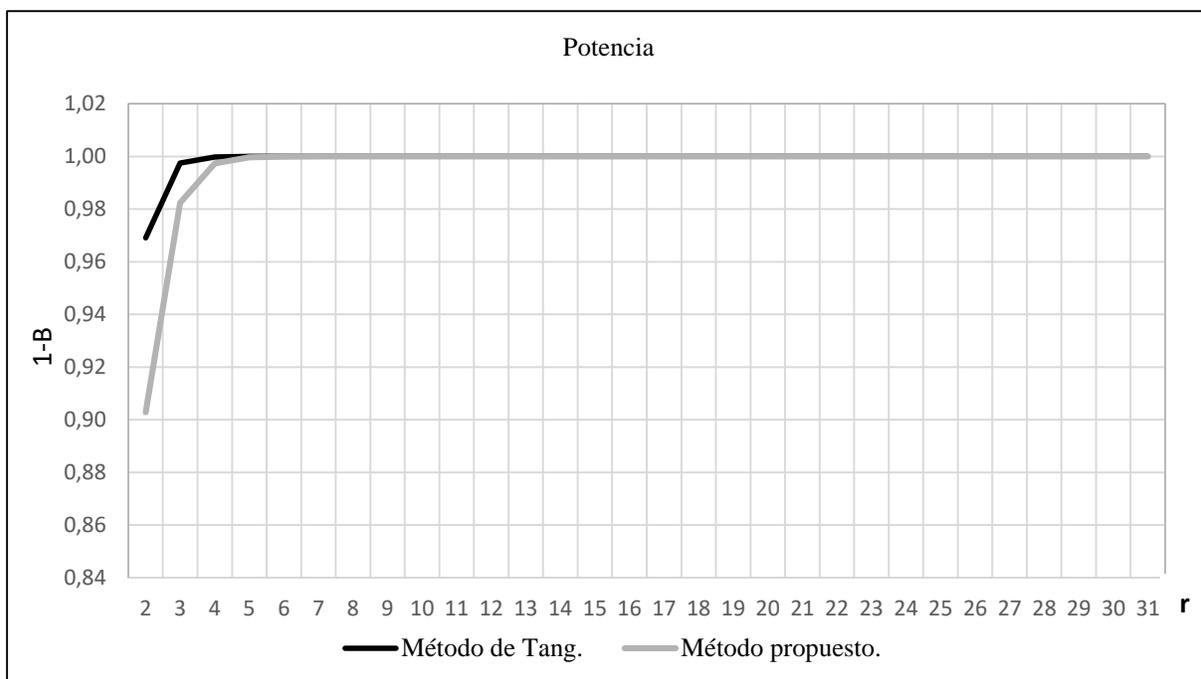


Figura 10. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, para el ensayo a-3. Alfa de 0,05

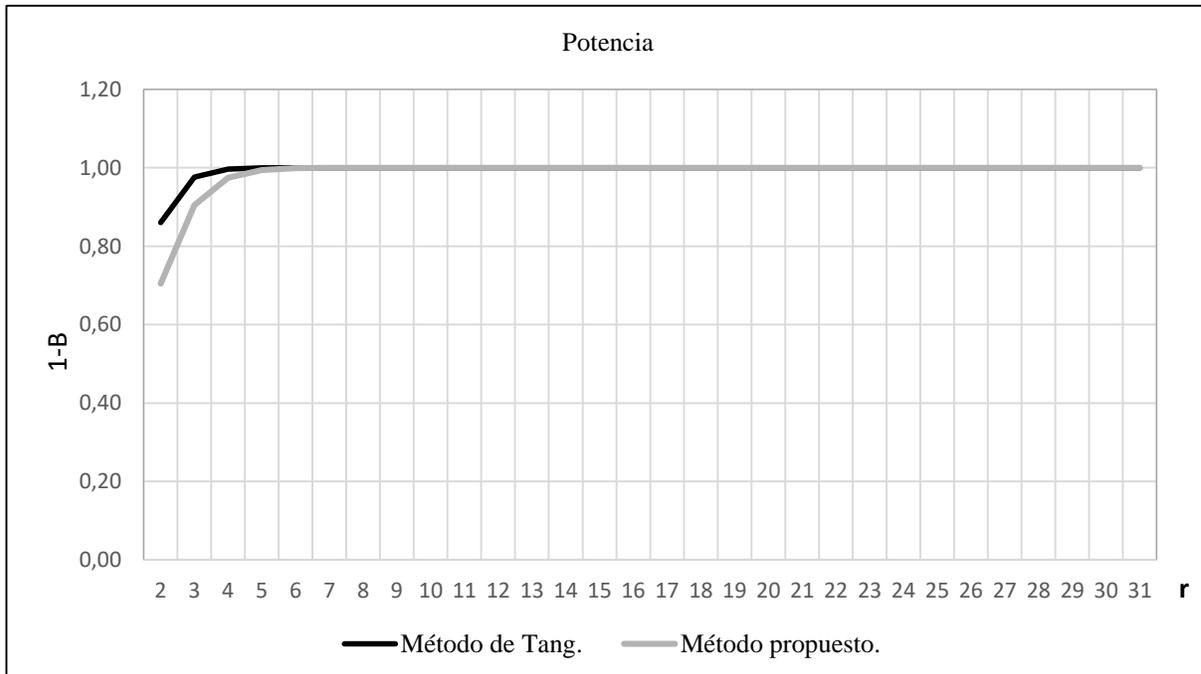


Figura 9. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo a-3, alfa 0,01.

Los valores del coeficiente de variación y de la diferencia relativa para este ensayo son respectivamente 15,99 y 66,78% vease la tabla 2, al igual que en el ensayo a-2 el valor de la potencia que se obtuvo es muy similar al valor comparado con igual número de repetición, se observa un elevado tamaño de la diferencia relativa encontrada, más de 50% de la media general de tratamientos, la variabilidad de los datos alcanza el 16%, puede establecerse que el método propuesto determina un valor muy cercano al de la sensibilidad obtenida con el método de Tang (1938) si la variabilidad es baja y si la diferencia significativa que se detectó entre medias de tratamiento es elevada.

Se presenta a continuación la gráfica de regresión lineal para los métodos de cálculo utilizados:

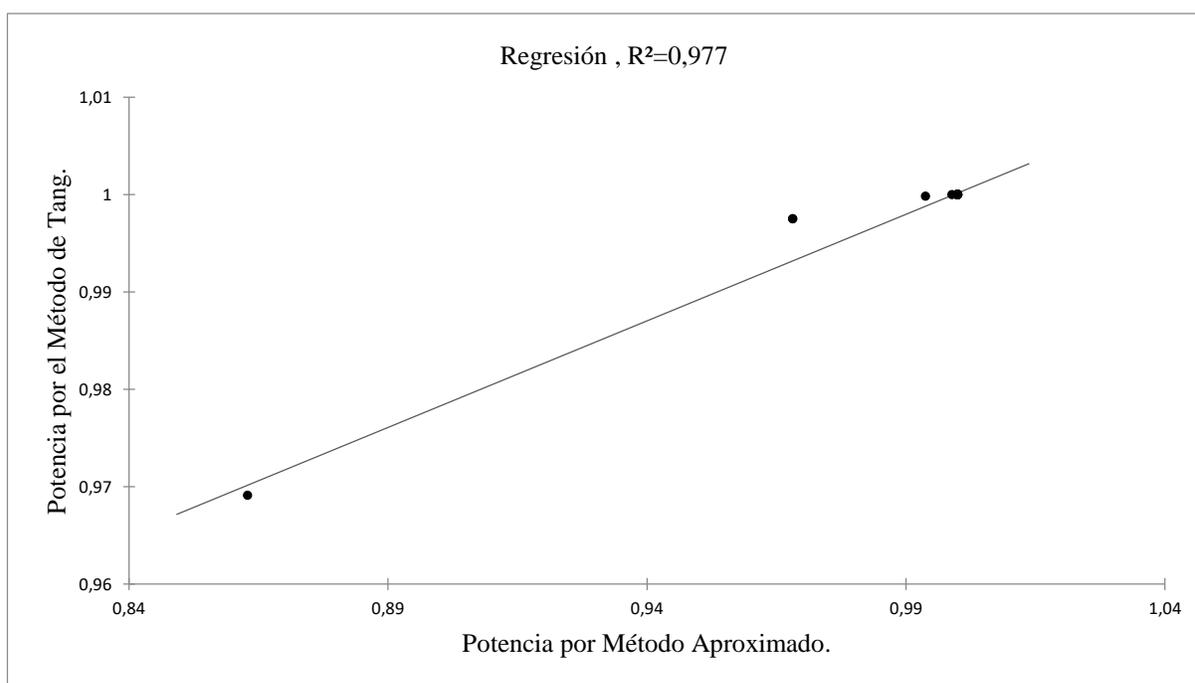


Figura 11. Regresión lineal simple, variable dependiente potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia calculada por el método propuesto ensayo a-3.

Al igual que en los casos anteriores el valor del coeficiente de ajuste es elevado. Se presentan de manera similar los resultados obtenidos para el ensayo b-1

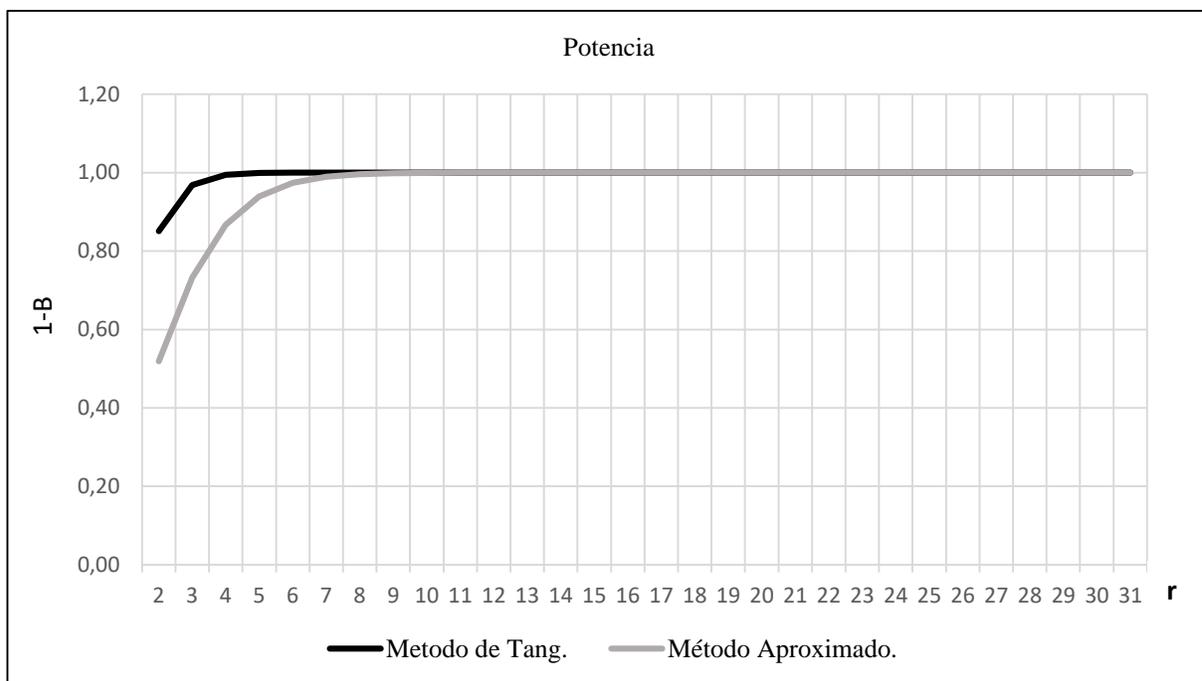


Figura 12. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición obtenidas en el ensayo b-1, alfa 0,05.

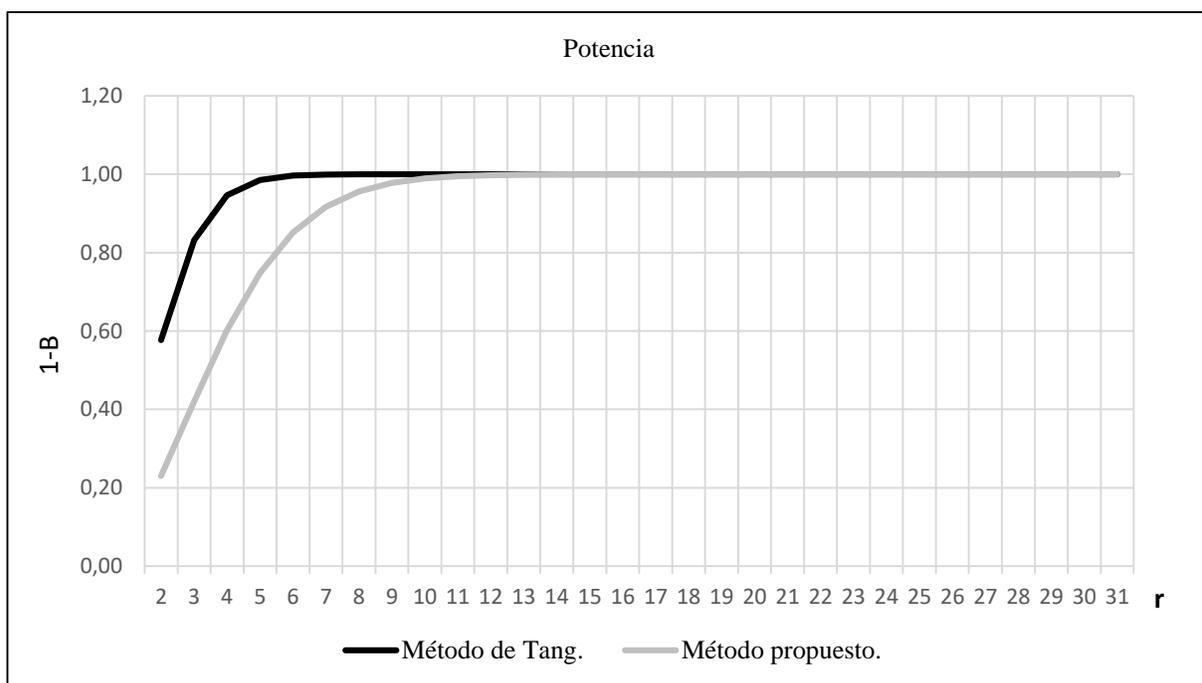


Figura 13. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-1, alfa 0,01.

Para este caso se observa que el coeficiente de variación es bajo 9,1 %, la diferencia relativa encontrada corresponde al 33,39% de la media general de tratamientos, la potencia encontrada para 3 repeticiones con el método propuesto es de 0,73, mientras que para el método de Tang (1938) fue de 0,97, véase la tabla 2., la siguiente figura muestra la regresión lineal simple para los valores de la potencia determinada por ambos métodos sobre el ensayo b-1

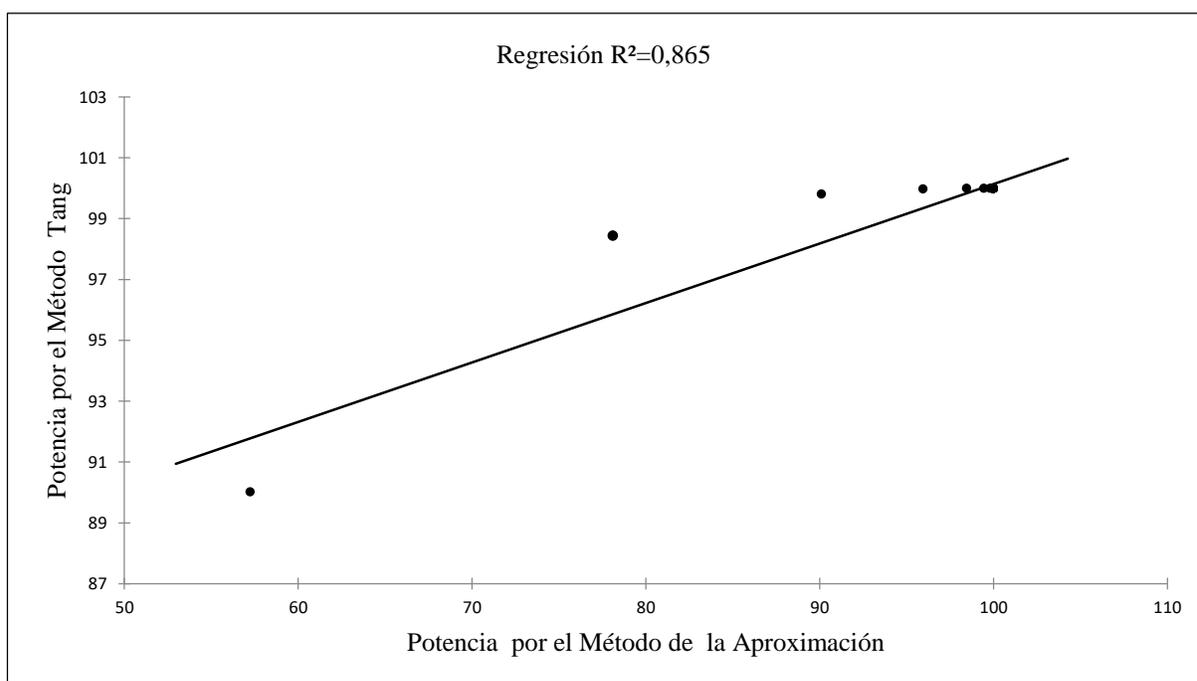


Figura 14. Regresión lineal simple, potencia obtenida con el método de Tang (1938) variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-1.

Puede considerarse que se tiene un coeficiente de ajuste elevado como en los casos anteriores, sin embargo, el método propuesto subestima el valor de la potencia respecto al método comparado, implicando mayor número de repeticiones; como en el caso del ensayo a-1 supongamos que el coeficiente de variación es de 7%, el valor resultante de la potencia calculado con el método propuesto que se logra es de 0,94 muy cercano al valor obtenido con el método comparado el cual fue de 0,97, obsérvese la figura 15.

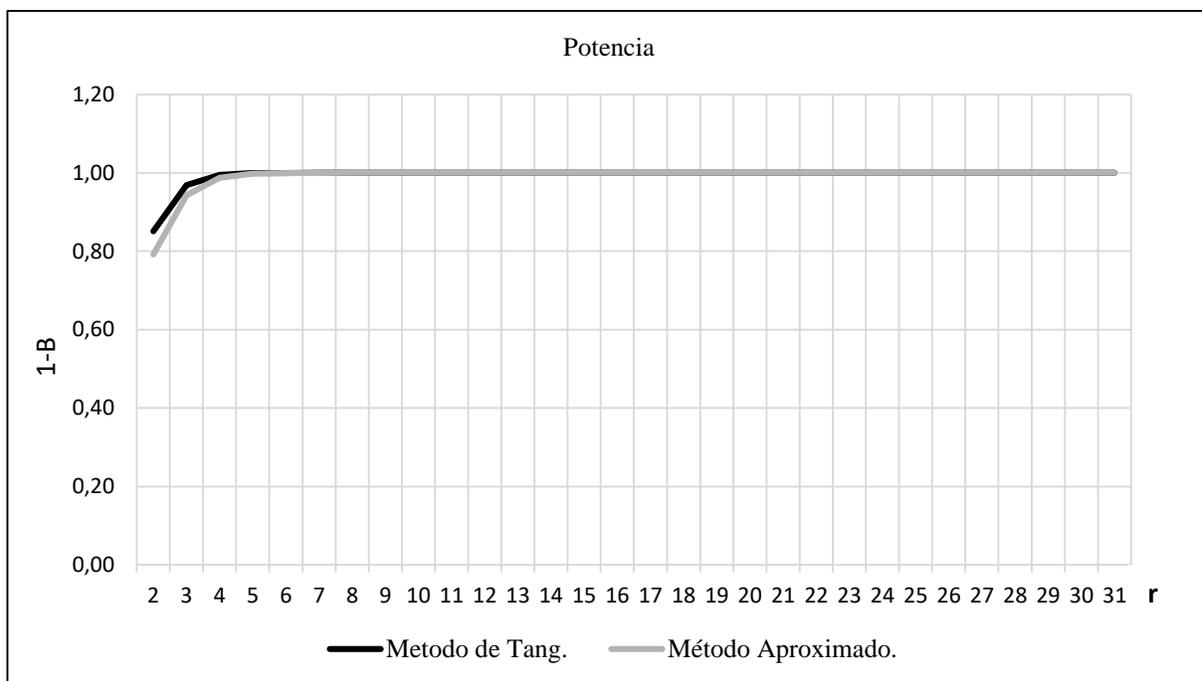


Figura 15. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-1, alfa 0,05 al disminuir el CV a 7% para el método propuesto.

El comportamiento observado en el método propuesto, es el de subestimar la potencia y sobreestimar el número de repetición, una situación óptima para la utilización del método de la aproximación propuesto sería la de un experimento con un valor del coeficiente de variación bajo y el valor de la diferencia relativa elevado, si estas condiciones no pueden darse en el ensayo, puede incrementarse el número de repetición lo cual depende de los recursos con los que cuente el investigador

A continuación, se muestran los resultados para el ensayo b-2.

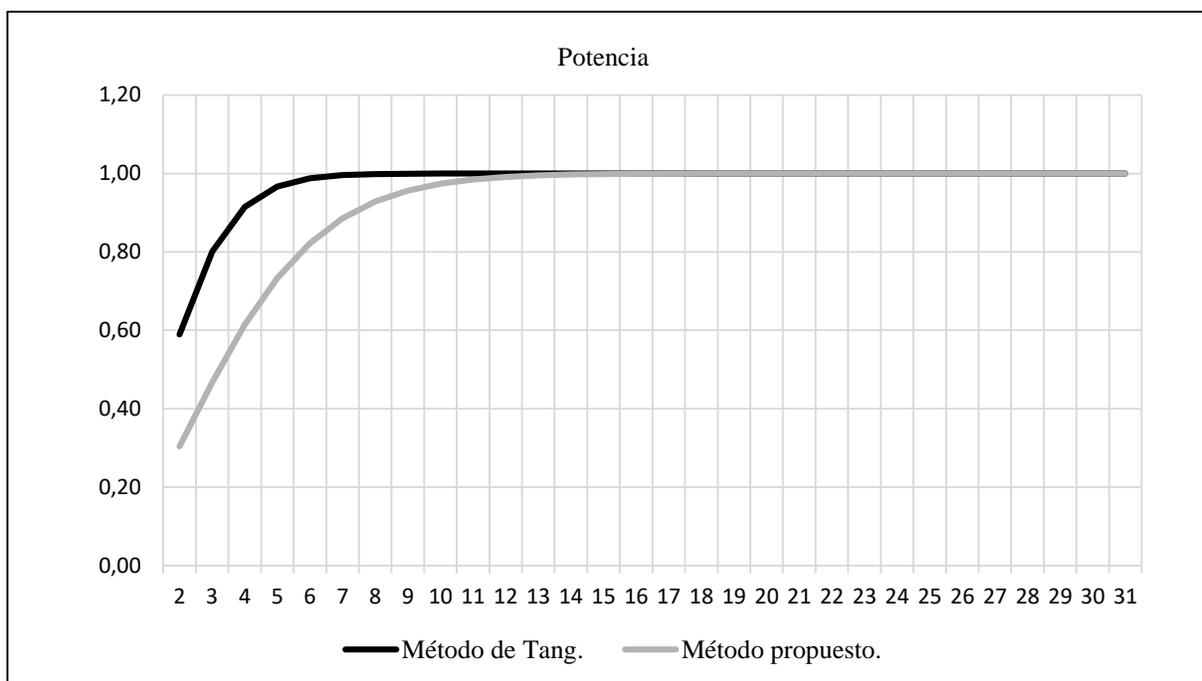


Figura 16. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-2, alfa 0,05.

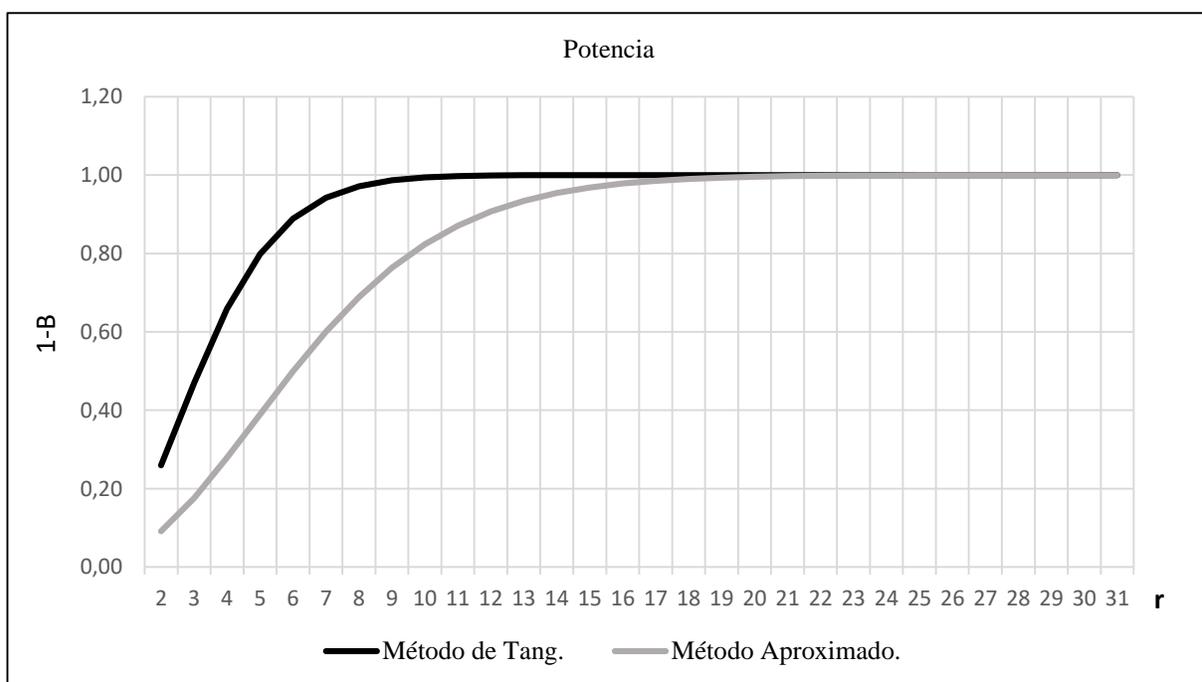


Figura 17. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición en el ensayo b-2, alfa 0,01.

Se observa que el método propuesto requiere de 13 repeticiones para lograr una sensibilidad equivalente a la del método comparado, para este ensayo el coeficiente de variación fue de 6,37%, el valor de la diferencia relativa Dr fue de 17,26%.

En la regresión lineal simple para este ensayo, al igual que en la mayoría de los casos el coeficiente de ajuste es elevado.

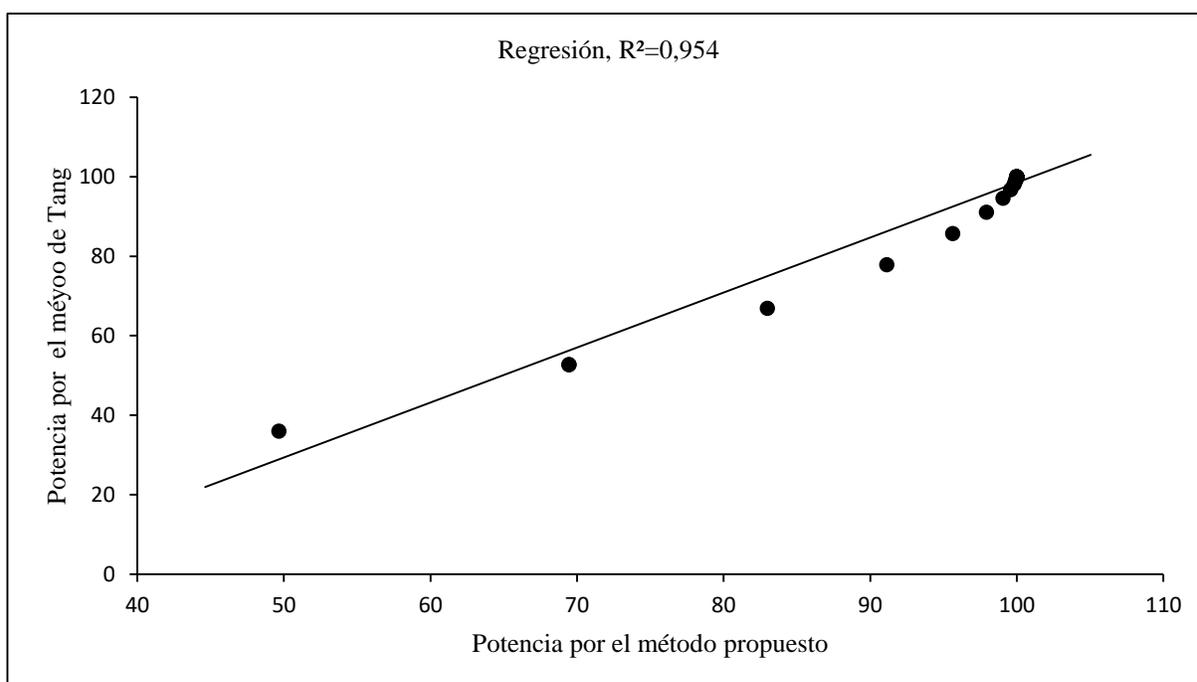


Figura 18. Regresión lineal de potencia obtenida por el método de Tang (1938) como variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-2.

Las siguientes paginas muestran el resultado que se obtuvo de la sensibilidad de la prueba para el ensayo b-3, con ambas metodologías, el valor del coeficiente de variación fue de 14,81 % y la diferencia relativa encontrada fue de 43,9% de la media general, la potencia alcanzada por el método propuesto fue de 0,66, para el método de Tang (1938) este valor fue de 0,92 con un nivel de confianza de 0,05, véase la tabla 2.

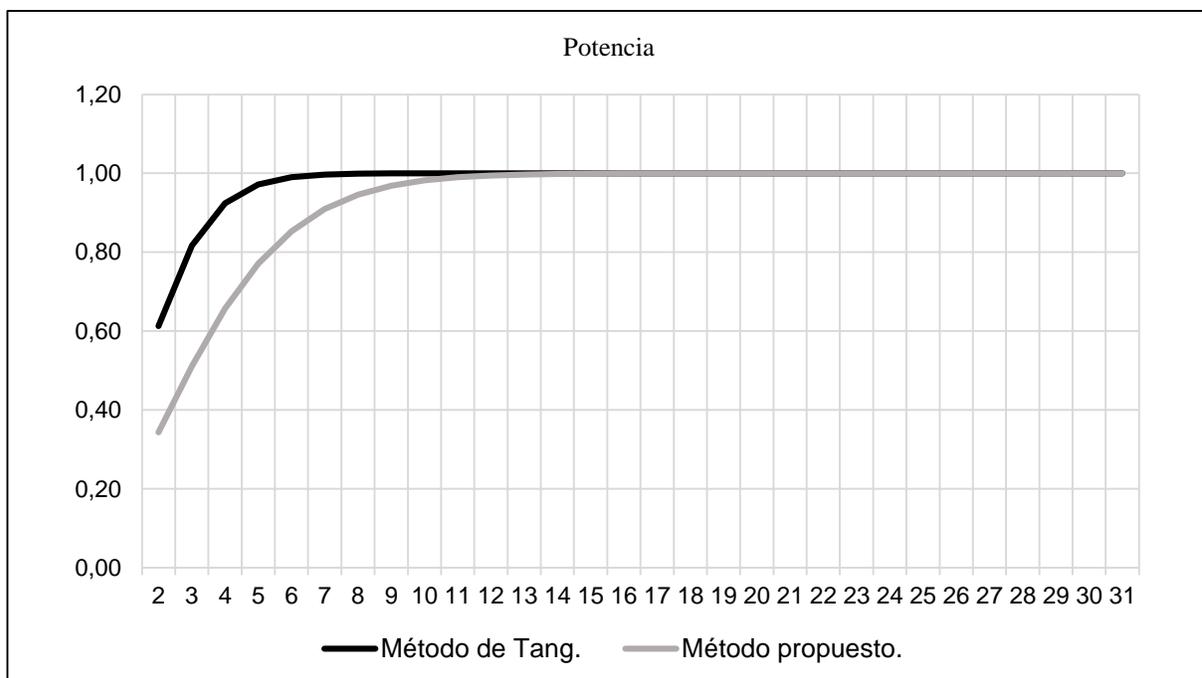


Figura 19. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo b-3, alfa 0,05.

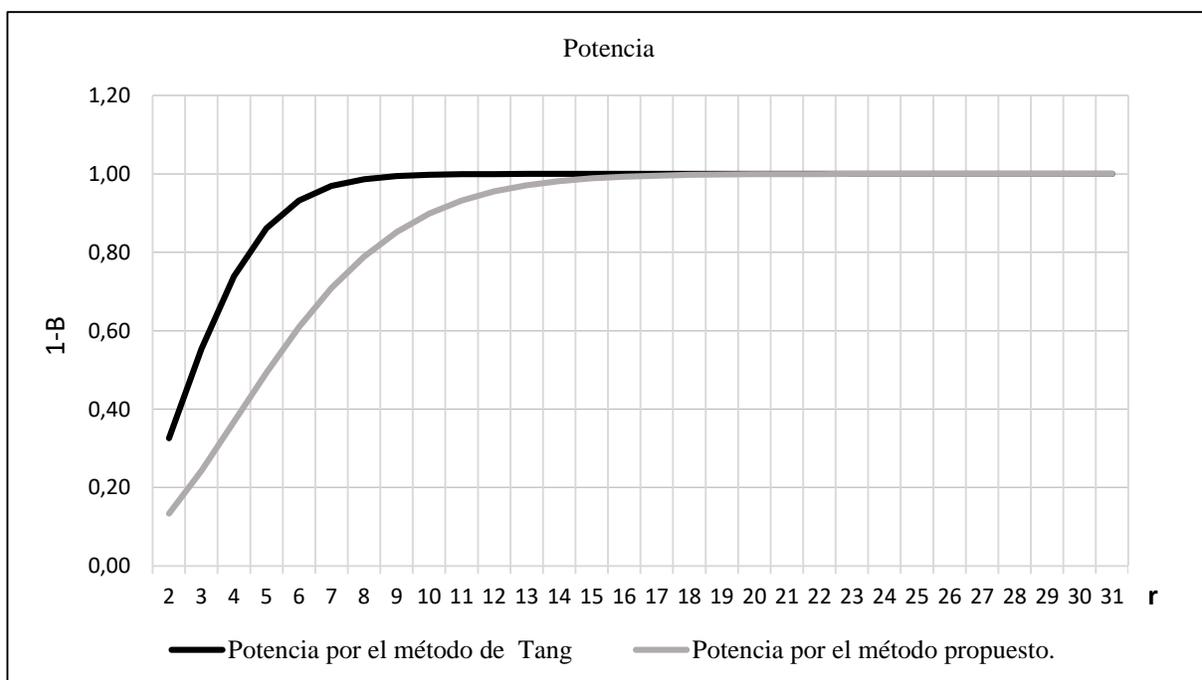


Figura 20. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo b-3, alfa 0,01.

Se muestra la figura que corresponde a la regresión lineal

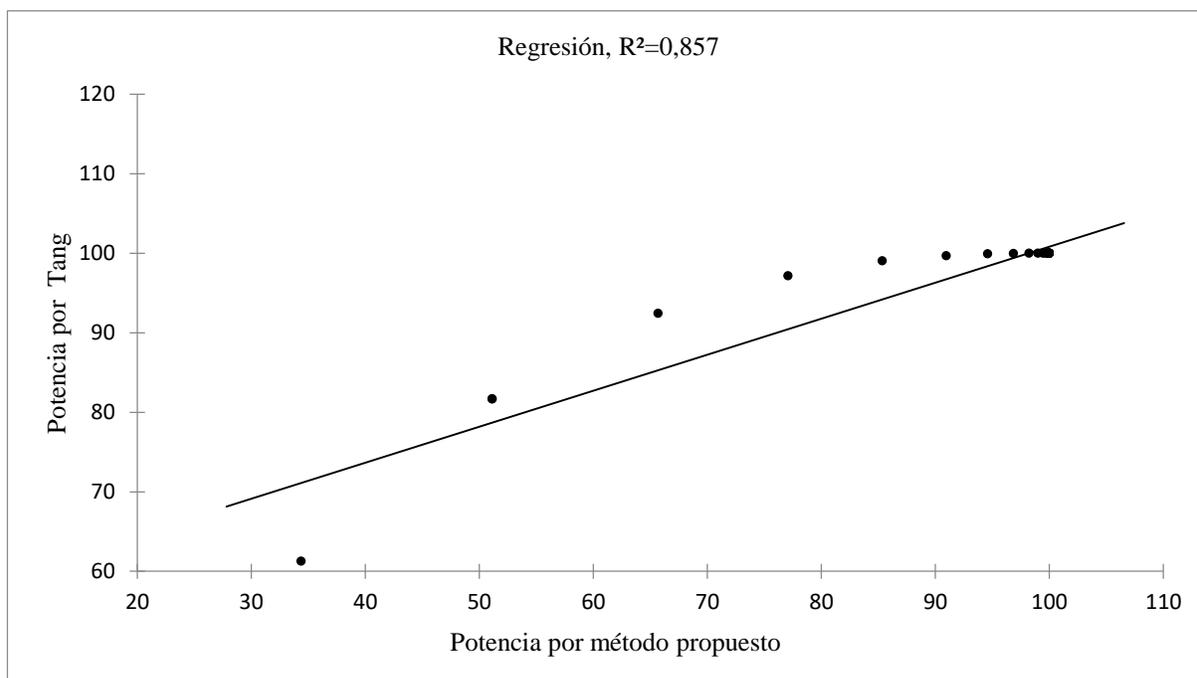


Figura 21. Regresión lineal de potencia obtenida por el método de Tang (1938) como variable dependiente y potencia calculada por el método propuesto como predictor, ensayo b-3.

Se obtuvo un coeficiente de ajuste elevado para el modelo al igual que en la mayoría de los resultados, a pesar que el valor determinado de la sensibilidad es menor al valor comparado, este comportamiento parece ser común a los ensayos con un valor de la diferencia relativa Dr menor al 50% de la media general de tratamientos y un coeficiente de variación superior al 10%

Se exponen los resultados obtenidos para el ensayo c-1, el valor de la diferencia relativa encontrado fue de 31,86% y el coeficiente de variación de 12,69%, los resultados mostraron un comportamiento similar a los del ensayo b-3. Para este ensayo no ocurrió el rechazo de la hipótesis nula para el nivel de confianza de 0,01.

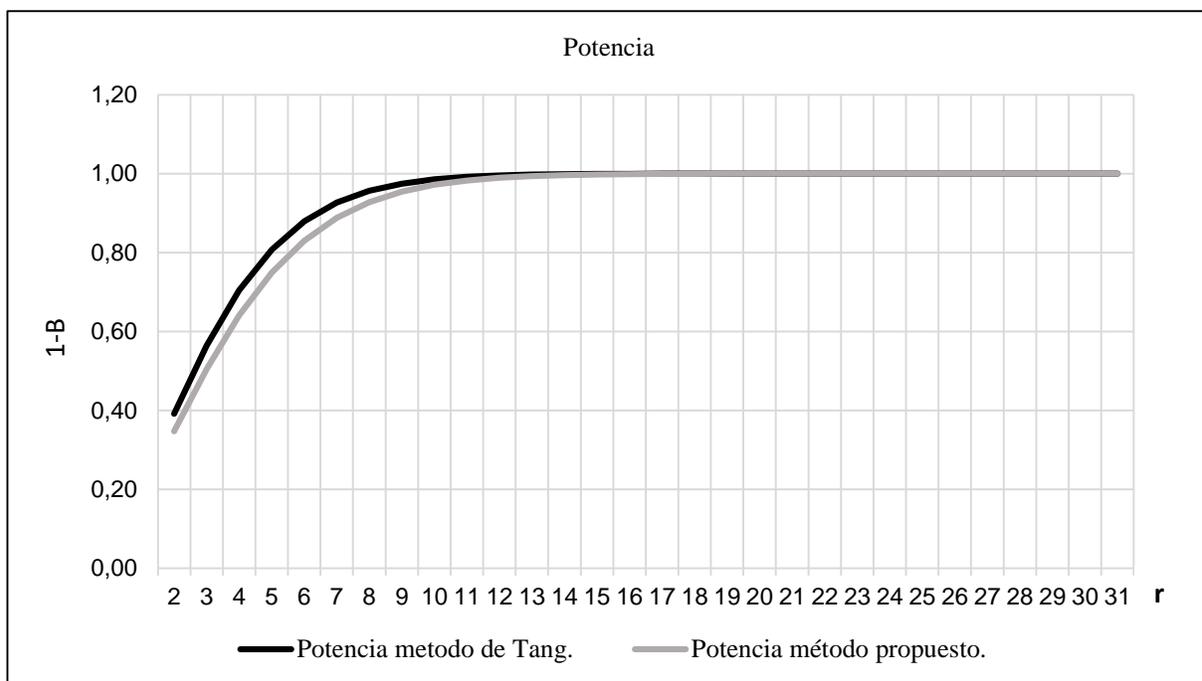


Figura 22. Potencia obtenida por ambos métodos frente al incremento del número de repetición, ensayo c-1, alfa 0,05.

La potencia determinada con el método de Tang (1938) es de 0,70, con el método propuesto se alcanzó el valor de 0,64 con cuatro repeticiones, se muestra la gráfica de regresión para este caso

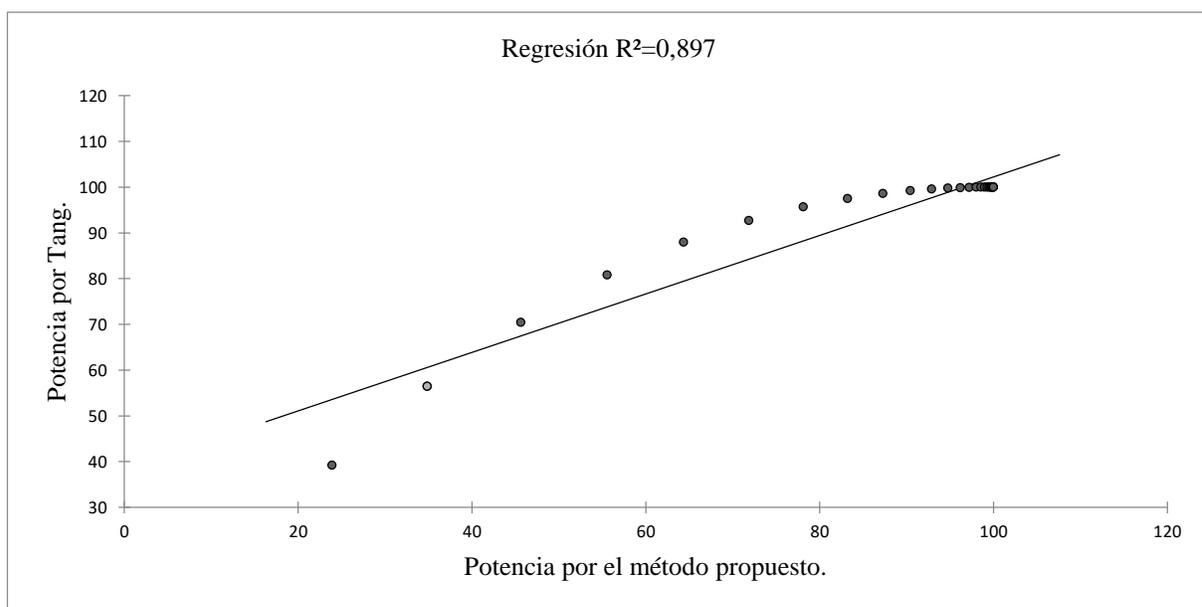


Figura 23. Regresión lineal, respuesta: potencia obtenida por el método de Tang (1938), predictor: potencia calculada por el método propuesto, ensayo c-1.

Tabla 3
Resumen de los valores de potencia y parámetro de no centralidad determinados por ambos métodos a los ensayos utilizados véase la tabla 1.

Ensayo	r	Metodología de P.C. Tang (1938)			Metodología Propuesta		
		λ_T	$(1 - \beta)_{0.01}$	$(1 - \beta)_{0.05}$	λ_A	$(1 - \beta)_{0.01}$	$(1 - \beta)_{0.05}$
a-1	6	23,61	0,789	0,940	14,80	0,501	0,766
a-2	4	107,62	0,999	0,999	50,92	0,979	0,998
a-3	6	70,26	0,999	0,999	52,34	0,998	0,999
b-1	3	38,88	0,826	0,968	20,82	0,443	0,744
b-2	4	27,95	0,891	0,915	14,63	0,692	0,541
b-3	4	27,19	0,738	0,924	14,81	0,367	0,657
c-1	4	14,34	—	0,703	12,64	—	0,640

En el ensayo c-1 no ocurrió el rechazo de la hipótesis nula con $\alpha = 0,01$

Tabla 4
Resumen de los valores del coeficiente de ajuste en la regresión lineal simple para cada ensayo, con nivel de confianza de 0.05

Ensayo	$R^2_{(0.05)}$
a-1	0,913
a-2	0,977
a-3	0,977
b-1	0,865
b-2	0,954
b-3	0,857
c-1	0,897

Puede observarse en la tabla 4 que los valores de los coeficientes de ajuste obtenidos para $(1 - \beta)_T$ como variable dependiente y $(1 - \beta)_A$ como predictor, son elevados, lo cual

indica que la metodología de la aproximación propuesta explica en más de un 85% a la variable dependiente. Al observar los resultados en la tabla 3 se evidencia que con la metodología propuesta los valores obtenidos de la potencia $(1 - \beta)$ y del parámetro de no centralidad λ , son menores a los obtenidos por la metodología establecida por Tang (1938), a excepción de los ensayos a-2 y a-3 en donde los valores obtenidos para la potencia $(1 - \beta)$ son muy similares; obsérvese esta sección de la tabla 3.

Metodología de P.C. Tang (1938). Metodología Propuesta.

<i>Ensayo</i>	r	λ_T	$(1 - \beta)_{0.01}$	$(1 - \beta)_{0.05}$	λ_A	$(1 - \beta)_{0.01}$	$(1 - \beta)_{0.05}$
a-2	4	107,62	0,999	0,999	50,92	0,979	0,998
a-3	6	70,26	0,999	0,999	52,34	0,998	0,999

Murphy y Myors (2004) argumentan, que la sensibilidad o potencia estadística de una prueba es función del tamaño del efecto de los tratamientos en la población, el número de repeticiones y el nivel de confianza; en el caso del ensayo a-2 obsérvese los valores de interés en la siguiente tabla:

Tabla 5
Valores del tamaño de efecto η^2 , F calculado F_0 y parámetro de centralidad λ_T

<i>Ensayo a - 2</i>	
F_0	15,374
λ_T	107,62
η^2	0,799
r	4

el valor de η^2 indica un tamaño del efecto alto en comparación con el obtenido en los demás ensayos.

La magnitud del tamaño del efecto η^2 puede multiplicarse por 100 e interpretarse como porcentaje de la varianza explicada por el efecto de la variable independiente (tratamientos), se obtiene a través de la ecuación:

$$\eta^2 = \frac{\textit{Suma de cuadrados de los tratamientos}}{\textit{Suma de cuadrados total}}$$

en un análisis de varianza, es el efecto de los tratamientos en el ensayo (Keppel 1982, citado por Moncada, Solera y Salazar 2002).; el ensayo a-2 tiene un elevado tamaño del efecto, esto explicaría el valor de la potencia obtenido con ambas metodologías con el mismo número de repeticiones.

El tamaño del efecto es el grado en que el fenómeno bajo estudio está presente en la población, o el grado en que H_0 es falsa, es decir, la discrepancia entre H_0 y H_1 ; así el tamaño del efecto puede ser tratado como un factor que toma el valor cero cuando H_0 es verdadera y cualquier otro valor cuando es falsa.

Esto indica que la metodología propuesta en comparación con la establecida por Tang (1938), arroja resultados equivalentes en presencia de un tamaño del efecto elevado, sin embargo, la propuesta subestima el valor de la potencia en los demás casos donde se observó un valor de η^2 inferior, lo que implica un mayor número de repetición para alcanzar una potencia equivalente a la obtenida por el método comparado, cabe mencionar el hecho de que el método propuesto es aplicado de forma retrospectiva. El tamaño del efecto que se espera

detectar es desconocido, depende del grupo de tratamientos o fenómeno, o variable en estudio y en muchos casos de la experiencia particular del investigador.

Horton (1978) mencionado por Murphy y Myors (2004), plantea que, el parámetro de no centralidad refleja el desplazamiento positivo de la distribución de F a medida que aumenta el tamaño del efecto en la población, es por ello que se observa un elevado valor del parámetro de no centralidad en el ensayo a-2. Cuanto mayor sea el efecto, mayor será el parámetro de no centralidad y cuanto mayor sea F_0 , es más probable que suceda el rechazo de H_0 .

Un estudio es sensible cuando la potencia es más alta, cercana a uno, esto ocurre si se cumplen tres condiciones, tamaño del efecto grande, criterio indulgente para rechazar la hipótesis nula y número de repetición elevado; en la práctica, el tamaño de la muestra o número de repetición es probablemente el elemento más determinante de la potencia estadística.

Murphy y Myors (2004) argumentan que, en las ciencias sociales y de la conducta, al determinar los niveles deseados de potencia el investigador debe evaluar los riesgos de llevar a cabo estudios sin suficiente potencia contra los recursos necesarios para alcanzar altos niveles de sensibilidad. Siempre se pueden lograr altos niveles de poder usando muestras muy grandes, pero el tiempo y el gasto requeridos no siempre justifican el esfuerzo.

No hay reglas simples y rápidas sobre cuánta potencia es suficiente, pero parece haber consenso sobre dos cosas. Primero, si es que es posible, la potencia debe estar por encima de 0,50. Cuando la potencia cae por debajo de 0,50, es más probable que el estudio fracase (es decir, es poco probable que ocurra el rechazo la hipótesis nula) y tener éxito. Es difícil justificar el diseño de estudios en los que el fracaso es el resultado más probable. En segundo lugar, un valor de la potencia de 0,80 o más es juzgado como adecuado. La convención de 0,80 es

arbitraria (en el mismo sentido que los criterios de significación de 0,05 o 0,01 son arbitrarios), pero parece ser ampliamente aceptada, y puede ser defendida racionalmente.

Una potencia de 0,80 significa que el éxito (rechazar la hipótesis nula) es cuatro veces más probable que el fracaso. Se puede argumentar que un número distinto de cuatro podría representar un nivel de riesgo más aceptable (por ejemplo, si la potencia es igual 0,90, el éxito es nueve veces más probable que el fracaso), pero a menudo es difícil de alcanzar mucho más de 0,80. La mayoría de los análisis de potencia especifican 0,80 como el nivel deseado de potencia a alcanzar, y este convenio parece ser ampliamente aceptado.

Considérese la tabla 6, referente a valores de interés obtenidos al aplicar el método propuesto a los ensayos utilizados en esta investigación ordenados de mayor a menor por λ_A , obsérvese el valor de η^2

Tabla 6
Valores resultantes al aplicar la metodología de la aproximación propuesta

<i>Ensayo</i>	<i>r</i>	η^2	<i>CV</i>	λ_A	$(1 - \beta)_A$
a-3	6	0,778	15,986	52,348	0,999
a-2	4	0,800	14,830	50,916	0,998
b-1	3	0,704	9,099	20,820	0,744
b-3	4	0,403	16,133	14,808	0,657
a-1	6	0,283	13,470	14,795	0,765
b-2	4	0,389	6,378	14,639	0,692
c-1	4	0,519	12,693	12,640	0,640

el coeficiente de correlación entre λ_A y $(1 - \beta)_A$ es de 0,884 es obtenido mediante la ecuación debida a Karl Pearson:

$$\rho = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \quad (41)$$

donde \bar{x} y \bar{y} representan el valor de las medias de las muestras para λ_A y $(1 - \beta)_A$ respectivamente, x y y son los valores de λ_A y $(1 - \beta)_A$, cuanto mayor es el valor del parámetro de no centralidad mayor es la sensibilidad del ensayo, sin embargo, obsérvese los siguientes valores obtenidos en el ensayo b-2

<i>Ensayo</i>	<i>r</i>	η^2	<i>CV</i>	λ_A	$(1 - \beta)_A$
b-2	4	0,389	6,378	14,639	0,692

el valor del coeficiente de variación es el menor de todos los ensayos 6,378, el tamaño del efecto es de 0,389, el parámetro de no centralidad aproximado es 14,639 y la sensibilidad de 0,692 lo cual se considera aceptable; el bajo coeficiente de variación permite al método propuesto determinar un valor aceptable de la potencia, cabe destacar que el coeficiente de correlación entre CV y λ_A es 0,377 también obtenido por la ecuación (41), por otra parte el valor de CV es obtenido según la siguiente ecuación:

$$CV = \frac{\sqrt{CMEE}}{\mu} \cdot 100 \quad (42)$$

ya que el método propuesto se aplicó de forma retrospectiva, el valor de su cuadrado se utiliza en el denominador de la ecuación (38)

$$\phi^2 = \frac{rD_r^2}{2tCV^2}$$

utilizada para obtener el valor de λ_A con la ecuación (39)

$$\lambda_A = \phi_A^2 \cdot t$$

se espera que el valor de CV influya de manera significativa en la sensibilidad resultante.

Los valores de D_r^2 y $\sum \tau_i^2$ se utilizan en la obtención de del parámetro de no centralidad λ , para la aproximación propuesta D_r es el valor de la mayor diferencia significativa, el valor de su cuadrado es usado en el numerador en la ecuación (38).

El valor del efecto medio verdadero de los tratamientos conocido como $\sum \tau_i^2$ es utilizado en la ecuación (30) representa una medida de la variación o desviación con respecto a la media general de tratamientos. Ambos valores son obtenidos de forma muy distinta y como se observa en la tabla siguiente el método de la aproximación propuesta genera valores de λ menores al de la metodología establecida por Tang (1938)

Tabla 7
Valores de $\sum \tau_i^2$ y D_r^2 así como los valores de los parámetros de no centralidad obtenidos con ambas metodologías en los ensayo utilizados para hacer la comparación

<i>Ensayo</i>	r	$\sum \tau_i^2$	λ_T	D_r^2	λ_A
a-1	6	8,46	23,61	894,86	14,80
a-2	4	229,93	107,62	5598,87	50,91
a-3	6	215,24	70,25	4459,23	52,34
b-1	3	1,918	38,88	1149,21	20,82
b-2	4	50,33	27,95	297,77	14,64
b-3	4	1,131	27,19	260,28	14,80
c-1	4	154,13	14,34	1015,59	12,64

El parámetro de no centralidad obtenido por el método propuesto λ_A proporciona una menor medida de la magnitud del desplazamiento de la distribución F no central.

Se presentan en las siguientes páginas, tablas y gráficas que resumen los resultados obtenidos en la simulación de los ensayos con diseño en bloque al azar y completo al azar respectivamente.

Resultados obtenidos sobre los ensayos simulados con un diseño en bloque al azar.

Tabla 8

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos del grupo 1 diseño en bloque al azar, CV mínimo de 3,043, máximo de 6,090, ordenados de menor a mayor por η^2 .

<i>Ensayo</i>	η^2	F_0	<i>CV</i>	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
1	0,188	0,760	3,963	3,817	0,204	2,671	0,152	0,052
2	0,532	4,230	4,690	21,150	0,861	17,362	0,776	0,085
3	0,649	7,090	4,275	35,460	0,983	28,715	0,951	0,031
4	0,661	9,200	5,032	45,981	0,997	27,321	0,941	0,056
5	0,720	13,790	4,124	68,933	1,000	48,590	0,998	0,002
6	0,891	25,920	3,987	129,575	1,000	70,513	1,000	0,000
9	0,892	26,500	6,090	132,512	1,000	98,360	1,000	0,000
7	0,916	42,600	4,275	212,979	1,000	151,607	1,000	0,000
8	0,943	73,320	3,171	366,674	1,000	227,432	1,000	0,000
11	0,953	96,930	4,452	484,630	1,000	395,017	1,000	0,000
15	0,968	99,910	5,895	499,635	1,000	364,529	1,000	0,000
10	0,969	121,600	3,827	608,096	1,000	466,143	1,000	0,000
14	0,971	133,290	5,065	666,522	1,000	529,426	1,000	0,000
12	0,974	132,900	3,733	664,333	1,000	513,799	1,000	0,000
17	0,976	138,770	5,934	693,768	1,000	541,022	1,000	0,000
16	0,978	145,940	5,974	729,605	1,000	546,363	1,000	0,000
18	0,981	227,010	4,902	1134,890	1,000	872,922	1,000	0,000
13	0,986	389,500	3,043	1947,626	1,000	1507,123	1,000	0,000

Para el grupo 1 de ensayos la propuesta de aproximación subestimó el valor de la potencia en los cuatro primeros ensayos, a partir del quinto ensayo el valor de la potencia obtenido es igual a la obtenido por el método de P.C. Tang (1938), el ensayo 1 tiene muy poca sensibilidad, es notable el hecho de que, al aumentar el tamaño del efecto η^2 aumenta

el valor de F_0 en el análisis de varianza y la potencia obtenida por la aproximación sigue esta tendencia, el coeficiente de variación CV es bajo para todos los escenarios, toma valores en un intervalo de 3 a 6 %, puede verificarse entonces que a mayor tamaño del efecto mayor desplazamiento positivo de la distribución F el cual es medido por el parámetro de no centralidad, implicando un menor valor del error Tipo II y por lo tanto la sensibilidad $(1 - \beta)$ aumenta. Se exponen en la siguiente tabla los valores determinados del efecto medio de los tratamientos, y de la diferencia relativa al cuadrado.

Tabla 9
Valores de $\sum \tau_i^2$, D_r^2 , λ_T y λ_A resultantes en la simulación de ensayos: grupo I

Ensayo	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	14,665	20,974	3,817	2,671
2	113,154	190,941	21,150	17,362
3	163,648	262,449	45,981	27,321
4	284,276	345,965	35,460	28,715
5	300,722	413,158	68,933	48,590
6	517,393	560,479	129,575	70,513
7	995,678	1385,133	132,512	98,360
8	925,851	1143,547	212,979	151,607
9	1258,867	1823,980	366,674	227,432
10	2163,301	3413,241	499,635	364,529
11	2459,498	3914,991	484,630	395,017
12	2335,131	3580,894	608,096	466,143
13	4362,682	6978,546	664,333	513,799
14	4385,714	6789,837	666,522	529,426
15	4191,934	6334,665	693,768	541,022
16	6542,730	9750,821	729,605	546,363
17	6214,424	9526,387	1134,890	872,922
18	6474,545	10489,218	1947,626	1507,123

La diferencia relativa es mayor al efecto medio de los tratamientos, sin embargo, el valor del parámetro de no centralidad obtenido por el método de Tang (1938) es mayor al del método propuesto. Obsérvese las figuras 24 y 25.

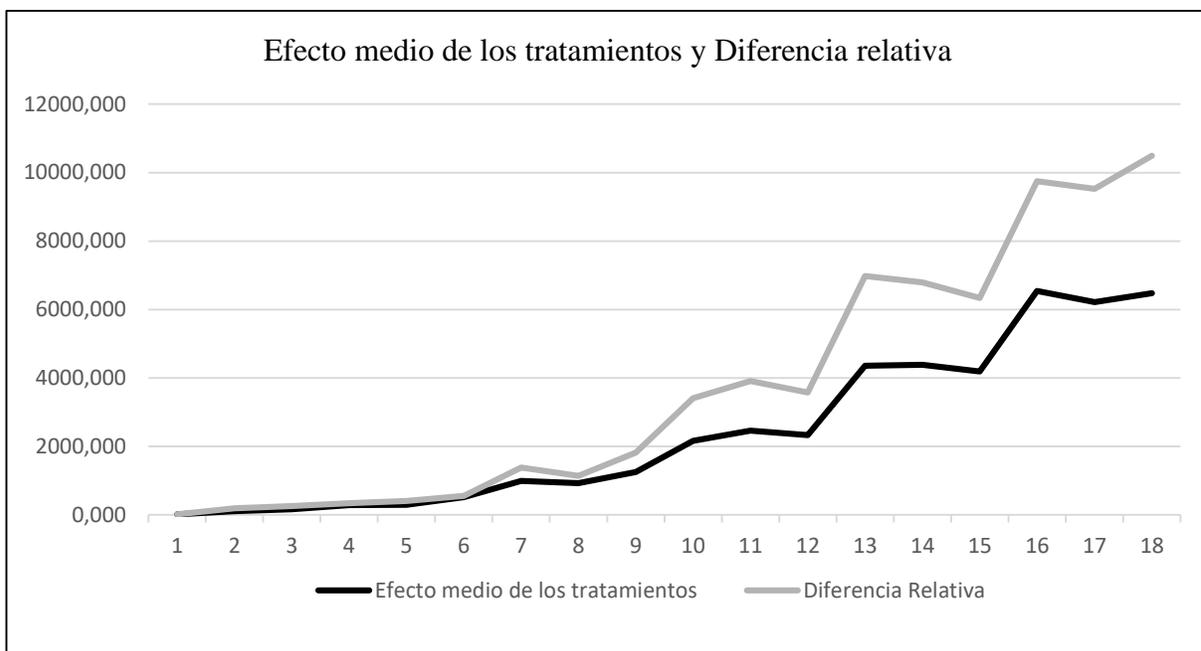


Figura 24. Valores de efecto medio de los tratamientos y diferencia relativa en la simulación de ensayos grupo 1, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.

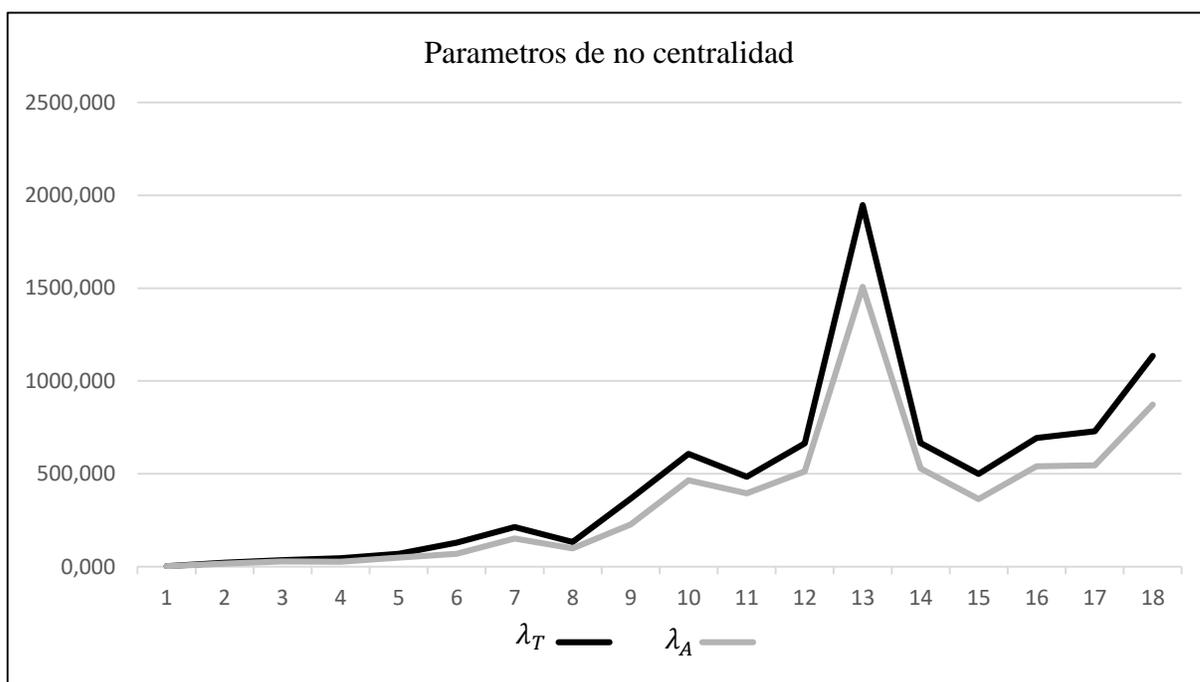


Figura 25. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de los ensayos del grupo 1, metodología de Tang (1938) y método propuesto.

La siguiente figura expone el comportamiento de los valores de interés calculados para los ensayos del correspondiente grupo

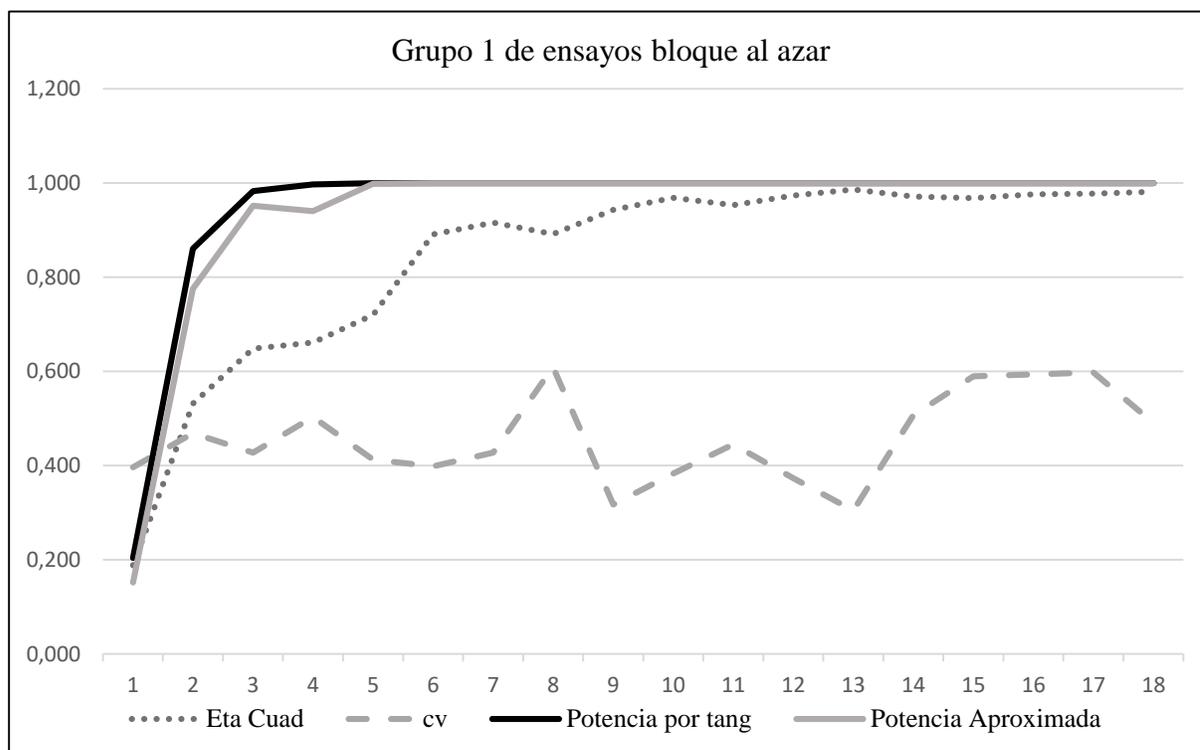


Figura 26. Gráfica de líneas que representa los valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencias para el grupo 1 de ensayos

El valor de la sensibilidad obtenido en este grupo de escenarios es en su mayoría equivalente para ambas metodologías, sólo dos ensayos resultaron tener una sensibilidad menor a 0.80, aunque un valor de la potencia superior a 0,50 para un experimento puede tomarse como un ensayo con una sensibilidad aceptable, dependerá del criterio del investigador y de sus recursos realizar o no un experimento en estas condiciones, los resultados en este caso permiten conjeturar que, un valor del coeficiente de variación bajo produce en el método propuesto un valor del parámetro de no centralidad menor al valor obtenido por el método de Tang (1938), sin embargo, es una buena aproximación a la potencia del método comparado con igual número

de repetición, ya que la baja variabilidad hace más visible por así decirlo el efecto de los tratamientos.

Seguidamente se muestran los resultados obtenidos para el grupo 2 de escenarios

Tabla 10

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos grupo 2 en bloques al azar, ordenados de menor mayor por η^2 , CV mínimo de 6,990 y máximo de 13,369.

<i>Ensayo</i>	η^2	F_0	CV	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
1	0,396	3,190	8,358	15,972	0,736	12,945	0,631	0,105
2	0,472	3,220	8,313	16,085	0,739	10,789	0,541	0,198
4	0,491	3,230	9,176	16,157	0,741	12,245	0,603	0,138
3	0,511	3,450	6,990	17,262	0,773	13,182	0,640	0,133
6	0,534	3,670	10,436	18,347	0,801	12,287	0,604	0,196
5	0,536	3,800	8,437	19,000	0,816	12,378	0,608	0,208
9	0,544	3,920	11,144	19,576	0,829	10,647	0,535	0,294
7	0,591	5,750	11,464	28,749	0,952	20,598	0,850	0,102
8	0,707	9,150	7,310	45,740	0,997	35,351	0,982	0,014
11	0,800	13,680	11,125	68,394	1,000	56,598	1,000	0,000
12	0,832	22,150	10,991	110,795	1,000	89,399	1,000	0,000
18	0,900	27,450	13,369	137,230	1,000	110,053	1,000	0,000
10	0,902	36,540	7,851	182,699	1,000	148,101	1,000	0,000
15	0,903	30,440	12,170	152,204	1,000	102,703	1,000	0,000
13	0,908	44,480	9,129	222,368	1,000	175,440	1,000	0,000
17	0,930	48,880	10,540	244,282	1,000	177,468	1,000	0,000
16	0,935	45,580	10,723	227,872	1,000	185,809	1,000	0,000
14	0,940	52,780	8,459	263,933	1,000	186,298	1,000	0,000

Los valores de la potencia calculados con el método propuesto son menores a los encontrados aplicando la metodología de Tang (1938) para tamaños de efecto η^2 menores a 0,800 y como se muestra el coeficiente de variación de estos escenarios toma valores de 6,99 a 13,369; la metodología propuesta es sensible al incremento de la dispersión de los datos, los ensayos 2 y 9 tuvieron una sensibilidad baja 0,54 en promedio para la aproximación propuesta;

si el tamaño del efecto es pequeño y el coeficiente de variación es elevado se produce un valor de λ_A bajo lo cual se traduce en un valor de la sensibilidad bajo, se mantiene el valor elevado de D_r^2 respecto de $\sum \tau_i^2$ como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 11

Valores obtenidos de D_r^2 , $\sum \tau_i^2$, λ_T y λ_A en la simulación de ensayos del grupo 2

Ensayo	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	295,597	452,134	15,972	12,945
2	279,404	372,828	16,085	10,789
3	198,691	322,077	17,262	13,182
4	359,690	515,558	16,157	12,245
5	328,233	440,530	19,000	12,378
6	483,227	669,012	18,347	12,287
7	913,503	1353,489	28,749	20,598
8	581,471	944,386	45,740	35,351
9	602,938	661,095	19,576	10,647
10	2880,707	4564,875	182,699	148,101
11	2134,742	3502,488	68,394	56,598
12	3329,378	5400,081	110,795	89,399
13	4604,685	7310,872	222,368	175,440
14	4454,525	6665,834	263,933	186,298
15	5586,631	7606,237	152,204	102,703
16	6577,512	10683,344	227,872	185,809
17	6613,924	9856,955	244,282	177,468
18	6541,418	9834,330	137,230	110,053

Al igual que en el grupo 1 de ensayos, la diferencia relativa al cuadrado es mayor al efecto medio de los tratamientos y el valor del parámetro de no centralidad obtenido por Tang (1938) es mayor al del método propuesto, esto se muestra en las figuras 27 y 28.

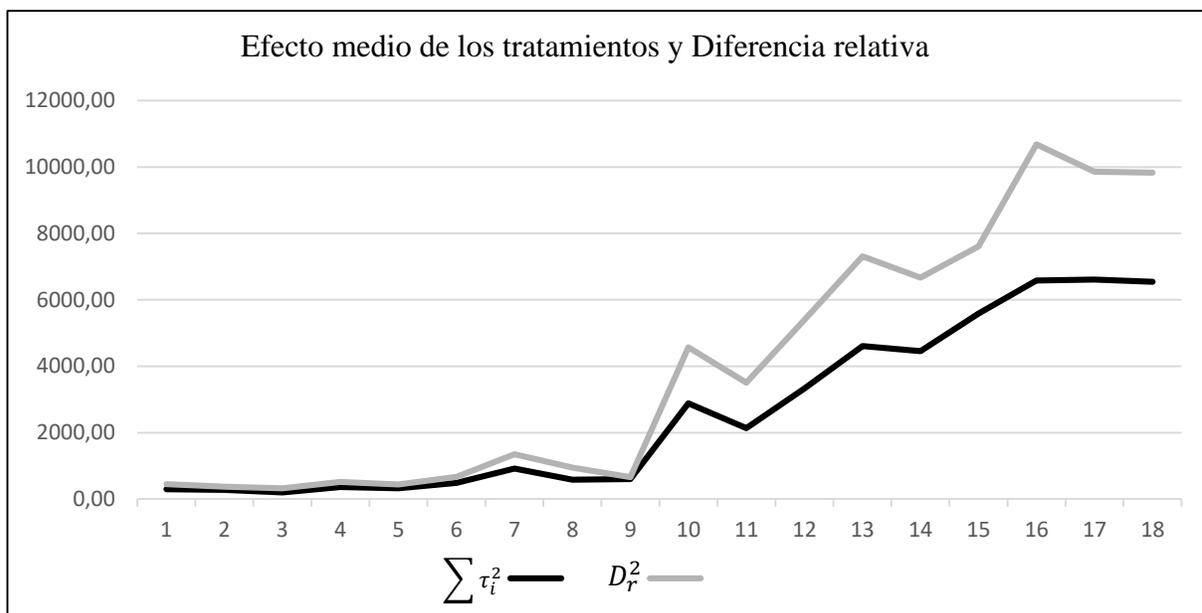


Figura 27. Valores de D_r^2 y $\sum \tau_i^2$ en la simulación de ensayos grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.

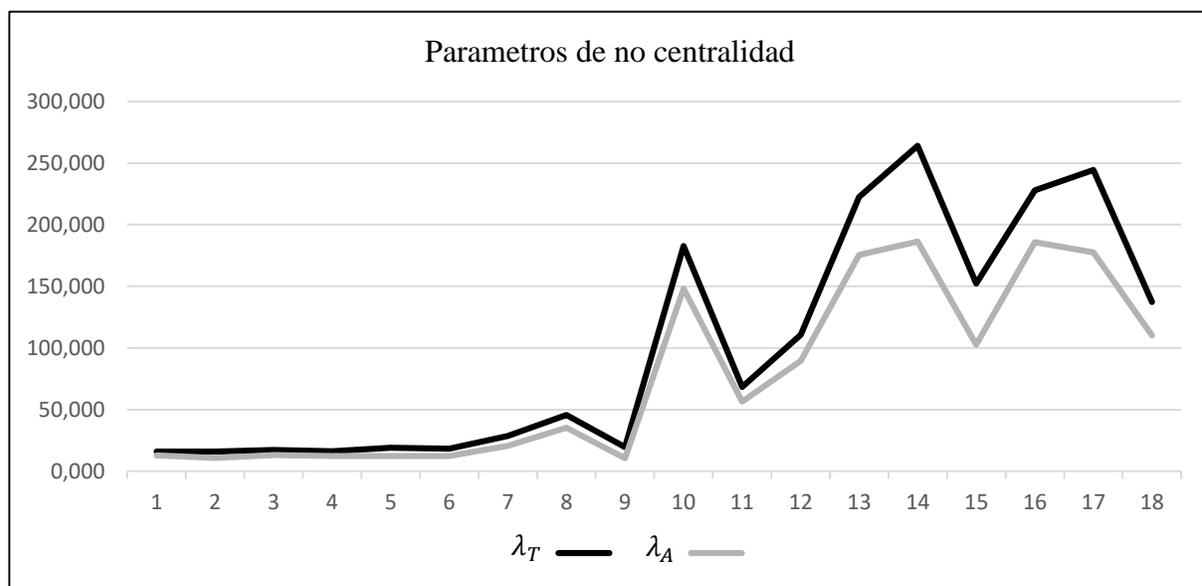


Figura 28. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.

La siguiente figura muestra los valores de interés obtenidos para todos los ensayos.

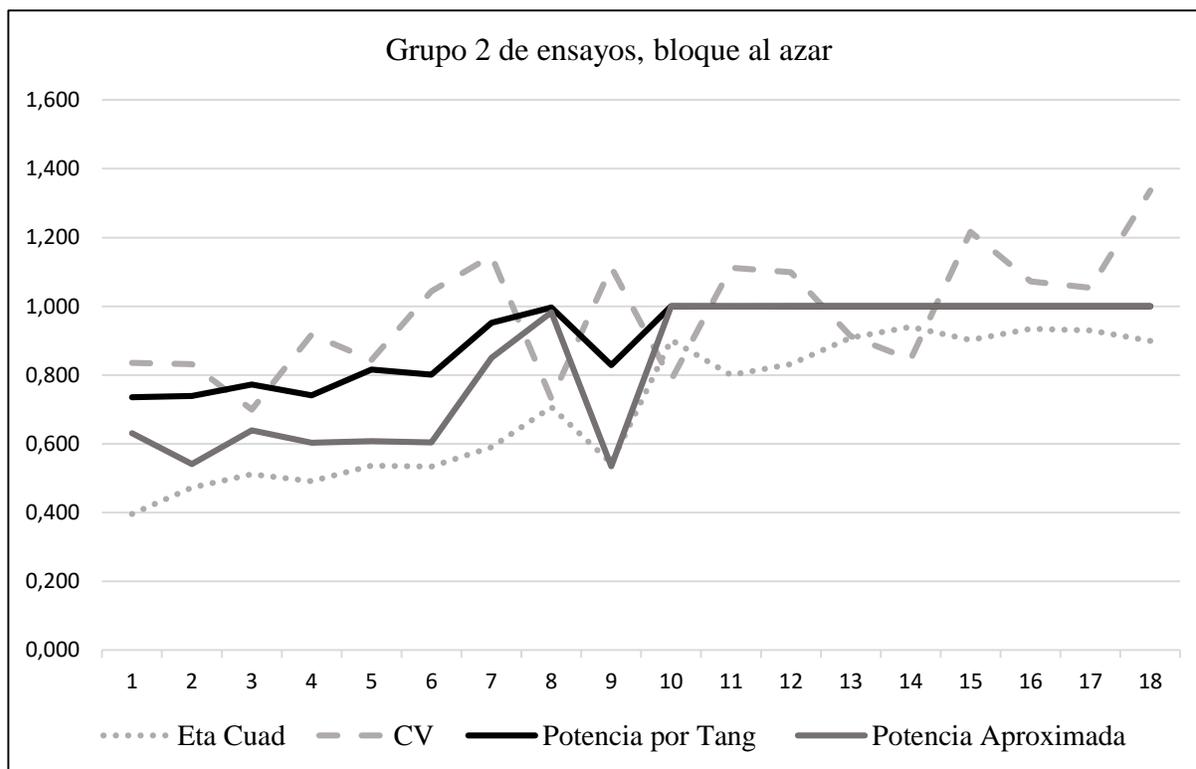


Figura 29. Valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencia del grupo de ensayos 2

El valor de la potencia obtenido por el método propuesto en este grupo de ensayos, es menor al calculado por la metodología establecida por Tang (1938), se hacen equivalentes a partir del escenario 11, la potencia obtenida por la propuesta de aproximación converge a la obtenida por el método comparado con más lentitud al incrementarse la variabilidad en los datos, la sensibilidad determinada por la propuesta de aproximación es en todos los ensayos superior a 0,50.

Se muestran a continuación los resultados para el grupo 3 de ensayos.

Tabla 12.

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos grupo 3: CV mínimo de 15,44, máximo de 30,58 ordenados n forma creciente por η^2 .

Ensayo	η^2	F_0	CV	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
1	0,456	3,620	19,506	18,122	0,795	17,772	0,786	0,009
4	0,460	3,160	24,802	15,815	0,731	11,940	0,590	0,140
9	0,461	3,090	19,580	15,449	0,719	10,871	0,545	0,174
5	0,492	3,660	23,178	18,320	0,800	15,112	0,708	0,092
7	0,501	3,210	30,580	16,074	0,739	13,243	0,642	0,097
3	0,515	3,470	16,724	17,350	0,775	13,303	0,644	0,131
11	0,523	3,410	24,205	17,489	0,779	11,238	0,561	0,218
2	0,526	3,490	20,661	17,462	0,778	13,672	0,658	0,120
8	0,535	3,470	20,815	17,369	0,776	13,877	0,666	0,110
12	0,543	4,800	17,336	23,990	0,905	14,663	0,693	0,212
6	0,555	4,440	19,069	22,186	0,878	13,824	0,664	0,215
15	0,608	4,690	25,732	23,440	0,897	20,103	0,840	0,057
10	0,659	8,790	15,442	43,962	0,996	30,313	0,962	0,034
13	0,675	6,690	18,456	33,423	0,976	23,904	0,904	0,073
14	0,687	8,090	21,891	40,461	0,992	23,335	0,896	0,097
16	0,720	8,610	22,718	43,046	0,995	33,061	0,975	0,020
17	0,758	11,320	23,123	56,603	1,000	46,305	0,997	0,002
18	0,787	15,840	20,093	79,215	1,000	58,349	1,000	0,000

Para el grupo 3, el método propuesto subestima en la mayoría de los escenarios simulados el valor de la potencia, sólo para tamaños de efecto mayores a 0,608 el valor de la potencia obtenido por la propuesta de aproximación es superior a 0,80; el coeficiente de variación para estos escenarios toma valores que van desde 15,44 a 30,58 es alto respecto de los dos grupos anteriores y el valor de la potencia obtenida por el método propuesto, es equivalente al obtenido por la metodología de Tang (1938) con un tamaño del efecto de 0,787. Un coeficiente de variación elevado junto a un valor de η^2 menor a 0,608 en conjunto con un número de repetición bajo, en este caso cuatro, arroja un bajo valor de la potencia; para el ensayo 1 el método propuesto logra una buena aproximación.

Tabla 13

Valores de $\sum \tau_i^2$, D_r^2 , λ_T y λ_A obtenidos en la simulación de ensayos del grupo 3

<i>Ensayo</i>	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	1853,89	3380,950	15,449	10,871
2	1571,03	2918,103	15,815	11,940
3	1471,25	1860,312	16,074	13,243
4	2305,45	3672,340	17,350	13,303
5	2428,83	4059,083	17,369	13,877
6	2144,80	2513,534	17,462	13,672
7	2956,78	6191,942	17,489	11,238
8	1744,72	3006,078	18,122	17,772
9	1536,36	2083,919	18,320	15,112
10	2645,42	3613,988	22,186	13,824
11	3217,06	3291,996	23,440	20,103
12	2102,76	2203,441	23,990	14,663
13	2627,07	4071,132	33,423	23,904
14	4811,81	5591,504	40,461	23,335
15	4035,64	6655,670	43,046	33,061
16	6432,21	8531,336	43,962	30,313
17	7208,35	12379,008	56,603	46,305
18	7757,10	11779,106	79,215	58,349

Se observa en este grupo para los valores del parámetro de no centralidad, efecto medio de los tratamientos y diferencia relativa, el mismo comportamiento de los grupos 1 y 2, esto se expone en las figuras 30 y 31.

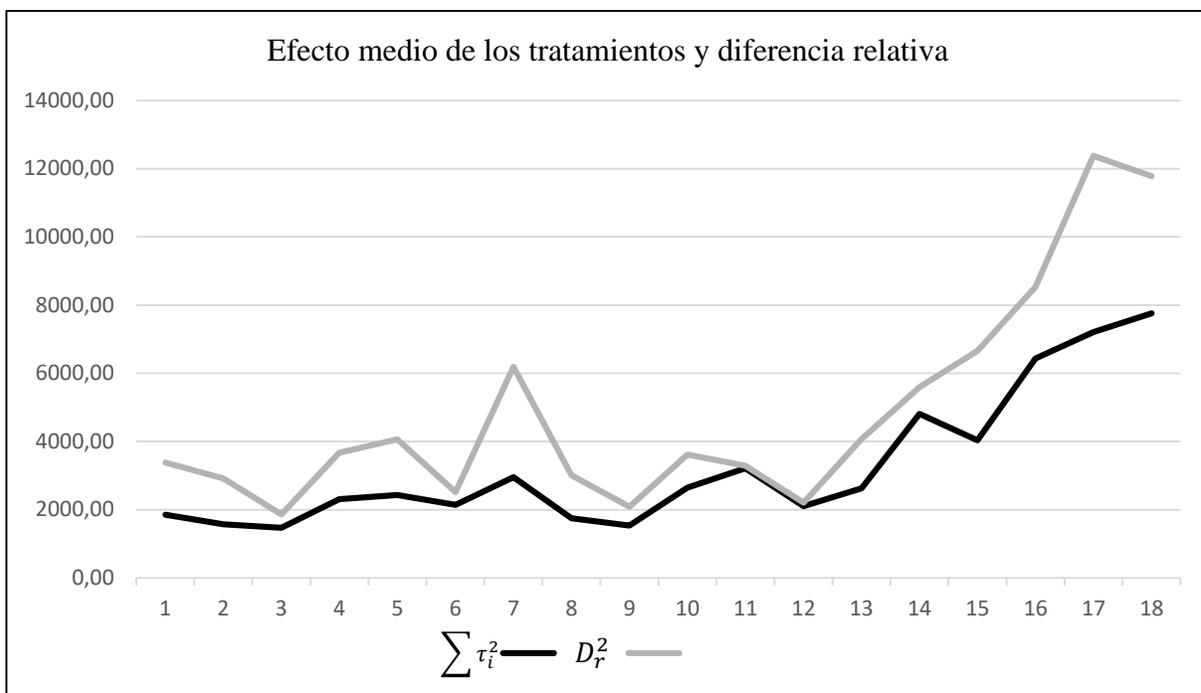


Figura 30. Valores de $\sum \tau_i^2$ y D_r^2 en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación

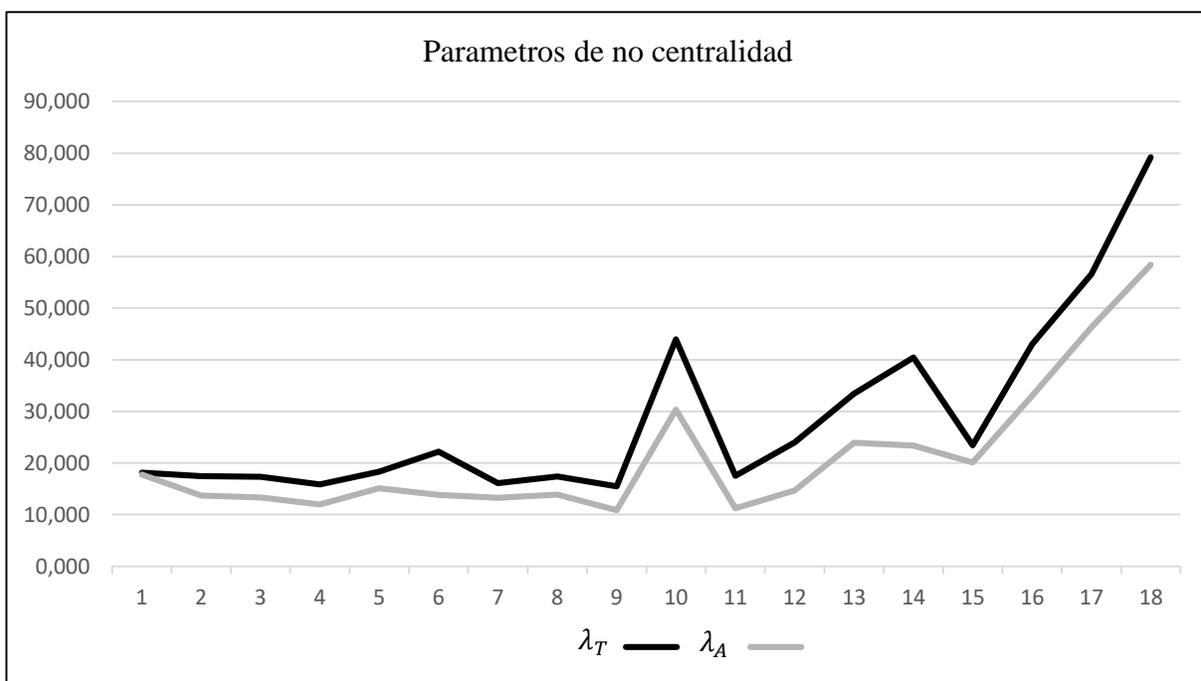


Figura 31. Parámetros de no centralidad obtenidos en la simulación de ensayos: grupo 3, metodología de Tang (1938) y propuesta aproximación.

Se observan en la figura los valores de la potencia, coeficiente de variación y tamaño del efecto para todos los ensayos de este grupo.

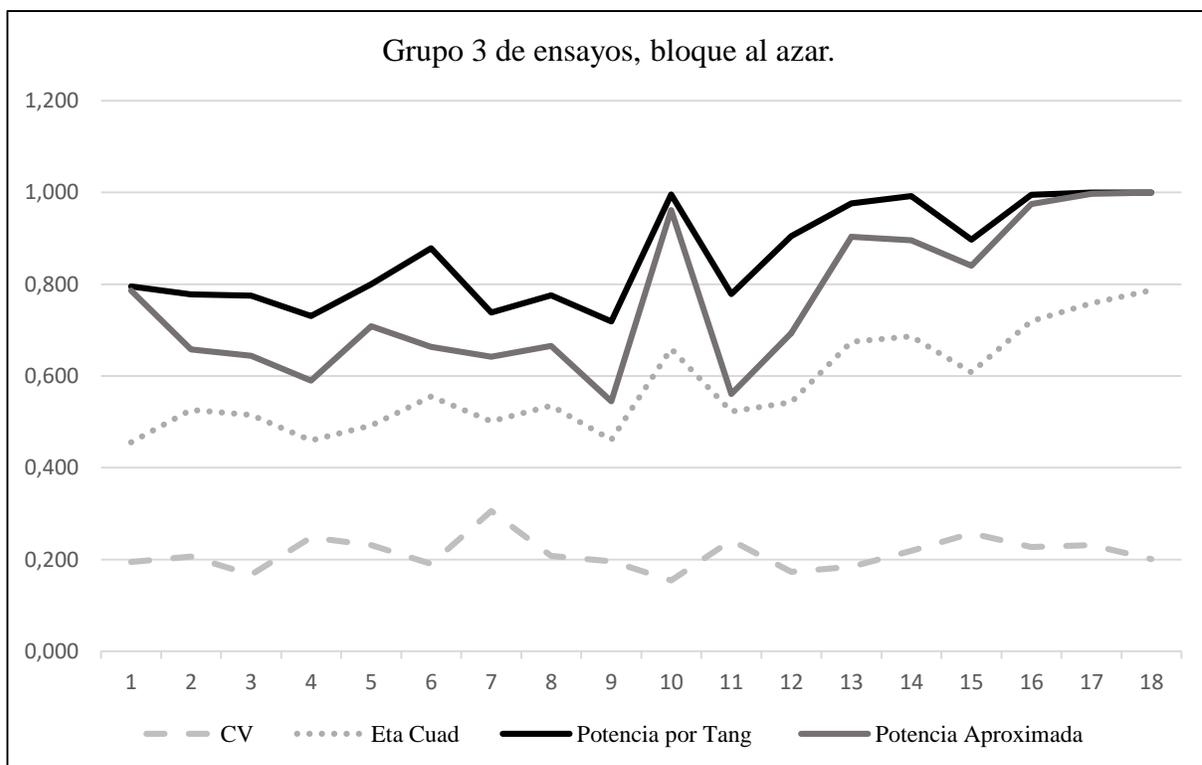


Figura 32. . Valores de tamaño del efecto, coeficiente de variación y potencia del grupo de ensayos 3.

La tendencia a subestimar el valor de la potencia con el método propuesto respecto de la obtenida por la metodología Tang (1938) se mantiene al igual que en los grupos anteriores, el incremento en la variabilidad de los datos hace más lenta la convergencia del valor de la potencia obtenido por la propuesta de aproximación al valor comparado, solo para el escenario 18 ambos valores de la potencia son equivalentes.

El método propuesto es sensible a las distorsiones que se producen por el coeficiente de variación elevado de los datos.

La siguiente tabla muestra los valores resultantes de la potencia obtenida con la aplicación de ambos métodos a todos los escenarios.

Tabla 14

Valor resultante de la potencia en los escenarios en diseño en bloque al azar.

Ensayo	r	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$
1	4	0,204	0,152	0,736	0,631	0,719	0,545
2	4	0,861	0,776	0,739	0,541	0,795	0,786
3	4	0,983	0,951	0,773	0,640	0,778	0,658
4	4	0,997	0,941	0,741	0,603	0,775	0,644
5	4	1,000	0,998	0,816	0,608	0,731	0,590
6	4	1,000	1,000	0,801	0,604	0,800	0,708
7	4	1,000	1,000	0,952	0,850	0,878	0,664
8	4	1,000	1,000	0,997	0,982	0,739	0,642
9	4	1,000	1,000	0,829	0,535	0,776	0,666
10	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,996	0,962
11	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,779	0,561
12	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,905	0,693
13	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,976	0,904
14	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,992	0,896
15	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,897	0,840
16	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,995	0,975
17	4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,997
18	4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Las diferencias en promedio del valor de la potencia obtenida por la propuesta de aproximación y la obtenida por el método de Tang (1938) son 0,013, 0,077 y 0,100 por grupo respectivamente. Véase las tablas 8,10 y 12 la columna $P_T - P_A$ representa la diferencia entre las potencias obtenidas y el valor de la media de estas.

Resultados obtenidos sobre los ensayos simulados en diseño completo al azar.

En las siguientes páginas, se presentan las tablas y figuras que resumen los resultados obtenidos en la simulación de escenarios con diseño experimental completo al azar, el comportamiento de la aproximación propuesta es muy similar al observado en los escenarios con el diseño de bloque al azar, aunque en algunos casos el método propuesto arroja valores de la potencia superiores al valor comparado.

Tabla 15

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar: grupo 1 CV mínimo de 3,52 y máximo de 5,77 ordenado por η^2 .

<i>Ensayo</i>	η^2	F_0	CV	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
2	0,532	4,090	4,770	20,443	0,870	16,782	0,786	0,083
3	0,649	6,650	4,408	33,363	0,983	15,953	0,763	0,220
4	0,661	7,030	5,757	35,139	0,987	20,879	0,878	0,110
5	0,701	8,430	6,057	31,949	0,978	34,002	0,985	0,006
6	0,891	29,500	3,737	147,510	1,000	80,273	1,000	0,000
7	0,892	29,690	5,754	148,451	1,000	110,191	1,000	0,000
8	0,916	39,350	4,447	196,774	1,000	140,071	1,000	0,000
9	0,943	59,440	3,522	297,223	1,000	178,955	1,000	0,000
10	0,953	72,780	5,138	363,831	1,000	296,555	1,000	0,000
11	0,968	108,580	5,655	542,997	1,000	396,166	1,000	0,000
12	0,969	111,510	3,997	557,552	1,000	427,398	1,000	0,000
13	0,971	121,670	5,301	608,282	1,000	483,165	1,000	0,000
14	0,974	132,880	3,733	664,333	1,000	513,799	1,000	0,000
15	0,976	146,300	5,779	731,539	1,000	570,477	1,000	0,000
16	0,978	157,630	5,748	788,281	1,000	590,302	1,000	0,000
17	0,981	187,620	5,392	938,000	1,000	721,481	1,000	0,000
18	0,986	255,160	3,760	1275,638	1,000	987,121	1,000	0,000

Para el ensayo 1 de este grupo no ocurrió el rechazo de la hipótesis nula

Los ensayos 2, 3 y 4 subestiman el valor de la potencia con una elevada diferencia en relación a la potencia obtenida con el método de Tang (1938), en el ensayo 1 no ocurrió el rechazo de la hipótesis nula, en el ensayo 5 se obtuvo una potencia superior al valor comparado. La figura corresponde a la gráfica de líneas, que muestra el valor de la potencia que se obtuvo en los 17 ensayos correspondientes a este grupo con ambos métodos.

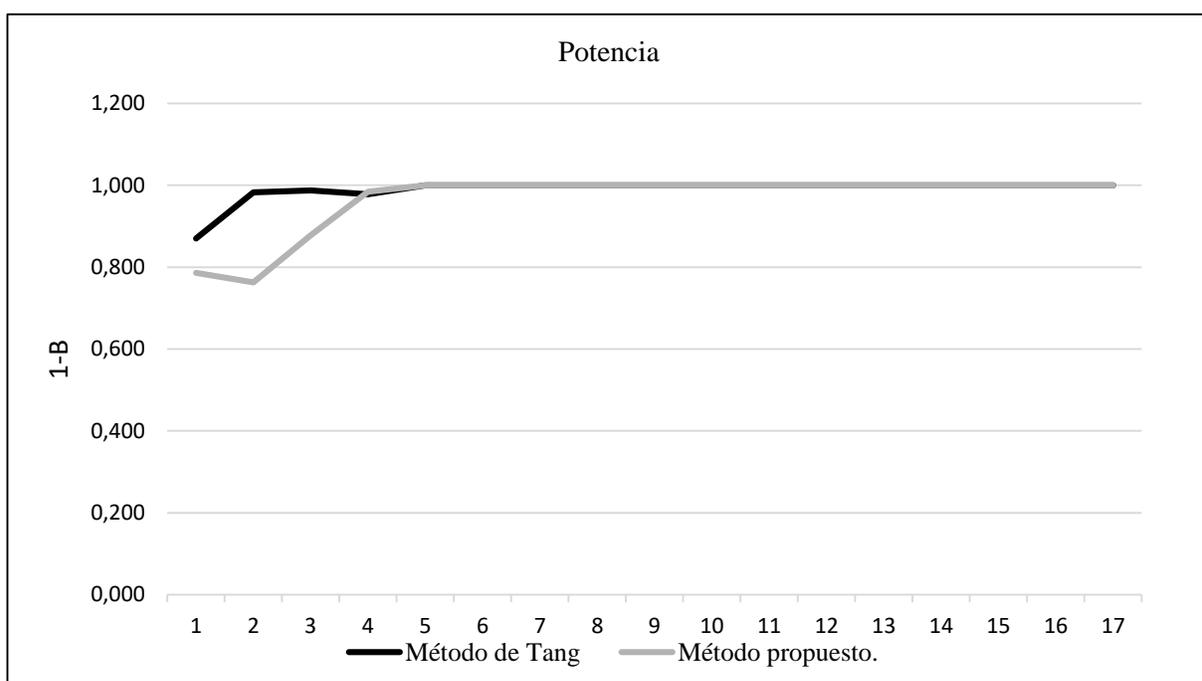


Figura 33. Potencia obtenida por el método de Tang (1938) y por el método propuesto, escenarios del grupo 1 Completo al Azar.

Se puede observar que el método propuesto logra un valor equivalente al valor obtenido por el método de Tang (1938) a partir del ensayo 5, véase la tabla 15.

Los valores correspondientes a la diferencia relativa elevada al cuadrado son mayores a los del efecto medio de los tratamientos al igual que en los ensayos con diseño en bloque al azar.

Tabla 16

Valor del efecto medio de los tratamientos, diferencia relativa y parámetros de no centralidad en la simulación de ensayos completo al azar grupo 1, metodología de Tang (1938) y aproximación propuesta.

Ensayo	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	—	—	—	—
2	113,154	190,941	20,443	16,782
3	163,648	154,971	33,363	15,953
4	284,276	345,965	35,139	20,879
5	300,722	623,799	31,949	34,002
6	517,393	560,479	147,510	80,273
7	1258,867	1823,980	148,451	110,191
8	995,678	1385,133	196,774	140,071
9	925,851	1110,053	297,223	178,955
10	2459,498	3914,991	363,831	296,555
11	4191,934	6334,665	542,997	396,166
12	2163,301	3413,241	557,552	427,398
13	4385,714	6789,837	608,282	483,165
14	2335,131	3580,894	664,333	513,799
15	6214,424	9526,387	731,539	570,477
16	6542,730	9750,821	788,281	590,302
17	6474,545	10489,218	938,000	721,481
18	4362,682	6978,546	1275,638	987,121

Para el ensayo 1 de este grupo no ocurrió el rechazo de la hipótesis nula

Los resultados para este caso son análogos a los vistos anteriormente, $D_r^2 > \sum \tau_i^2$ y $\lambda_T > \lambda_A$ a mayor valor de la diferencia relativa elevada al cuadrado, la aproximación al valor comparado es cercana, ya que D_r^2 representa al tamaño del efecto. Se expone a continuación los resultados para el grupo 2 de ensayos.

Tabla 17

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar, grupo 2 CV mínimo es de 6,69 y máximo de 12,33, ordenados por η^2 .

Ensayo	η^2	F_0	CV	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
1	0,396	3,190	8,358	15,792	0,763	12,945	0,659	0,104
2	0,473	3,220	8,306	16,113	0,767	10,808	0,569	0,199
4	0,491	3,470	8,853	17,357	0,802	13,155	0,667	0,135
3	0,511	3,770	6,693	18,829	0,837	14,378	0,712	0,126
6	0,534	4,120	9,844	20,618	0,873	13,807	0,691	0,182
5	0,536	4,170	8,059	20,824	0,877	13,566	0,683	0,194
9	0,544	4,290	10,649	21,438	0,887	11,660	0,606	0,281
7	0,590	5,190	12,066	25,952	0,943	18,594	0,832	0,111
8	0,707	8,670	7,507	43,361	0,997	33,512	0,983	0,014
11	0,801	14,440	10,829	72,181	1,000	59,731	1,000	0,000
12	0,832	17,810	12,258	89,080	1,000	71,878	1,000	0,000
18	0,900	32,250	12,334	161,218	1,000	129,290	1,000	0,000
10	0,902	33,130	8,246	165,653	1,000	134,243	1,000	0,000
15	0,903	33,330	11,631	166,641	1,000	112,445	1,000	0,000
13	0,909	35,740	10,185	178,649	1,000	140,948	1,000	0,000
17	0,930	47,710	10,665	238,555	1,000	173,307	1,000	0,000
16	0,935	51,500	10,089	257,437	1,000	209,917	1,000	0,000
14	0,940	56,570	8,171	282,872	1,000	199,666	1,000	0,000

Los valores de la potencia calculados con el método propuesto son inferiores a los obtenidos con el método de Tang (1938), el comportamiento de la aproximación propuesta es similar al resultante para los ensayos con diseño en bloque al azar, a partir del ensayo 11 las potencias calculadas por ambos métodos se hacen equivalentes, obsérvese la figura 34.

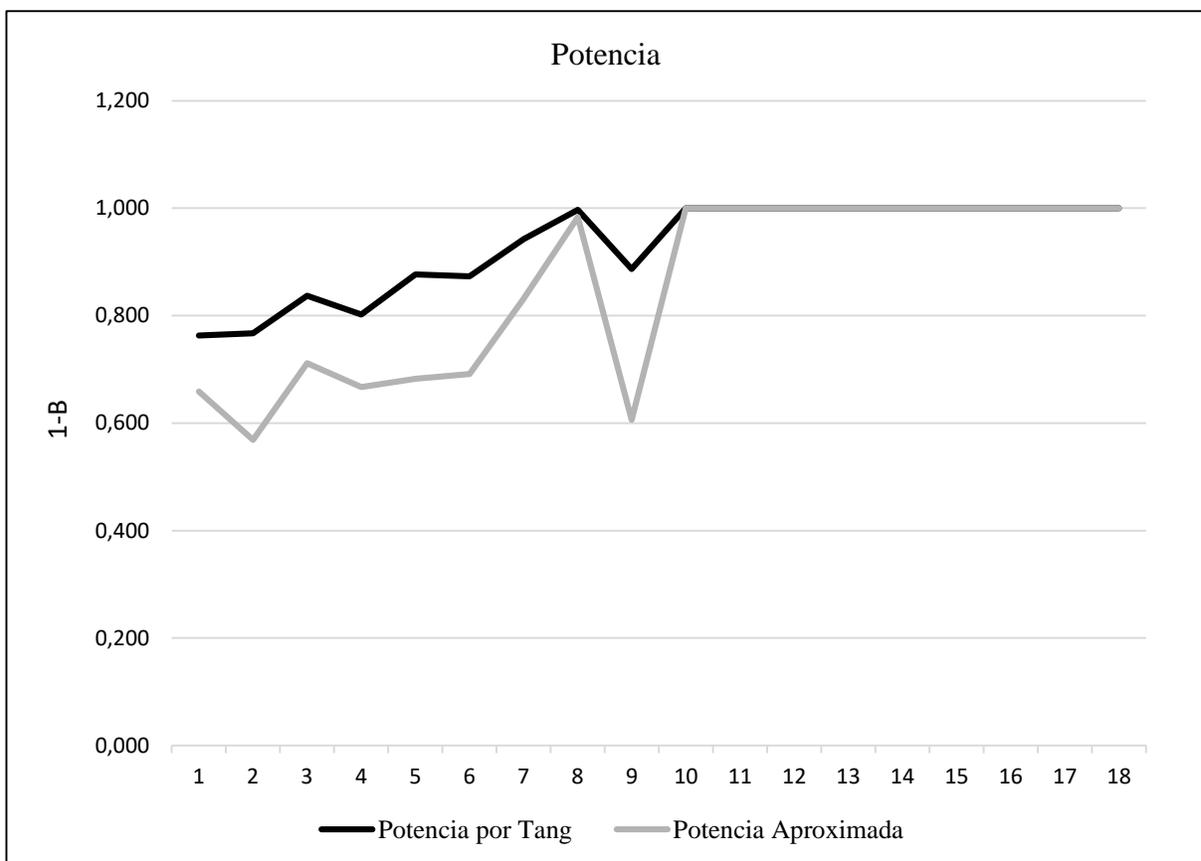


Figura 34. . Potencia obtenida por la metodología de Tang (1938) y potencia resultante al aplicar la metodología propuesta, ensayos del grupo 2 Completo al Azar.

Al observar la tabla 17 podemos notar que a medida que se incrementa el valor del tamaño del efecto η^2 el método propuesto es capaz de estimar un valor de la potencia equivalente al obtenido por el método de Tang (1938), esta tendencia es expuesta en todos los casos simulados con un coeficiente de variación menor a 15%, si se toma cada ensayo como el número de repetición a realizar en el experimento puede verse que a medida que se incrementa r , la potencia se incrementa para el método propuesto logrando alcanzar al valor de la sensibilidad determinada por el método comparado.

La siguiente tabla muestra los valores de la diferencia relativa y el efecto medio de los tratamientos para el grupo de ensayos correspondientes.

Tabla 18

Valor del efecto medio de los tratamientos, diferencia relativa al cuadrado y parámetros de no centralidad en la simulación de ensayos: grupo 2, metodología de Tang(1938) y aproximación propuesta.

<i>Ensayo</i>	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	295,597	452,134	15,972	12,945
2	279,404	372,828	16,113	10,808
3	198,691	322,077	18,829	14,378
4	359,690	515,558	17,357	13,155
5	328,233	440,530	20,824	13,566
6	483,227	669,012	20,618	13,807
7	913,503	1353,489	25,952	18,594
8	581,471	944,386	43,361	33,512
9	602,938	661,095	21,438	11,660
10	2880,707	4563,539	165,653	134,243
11	2134,742	3502,488	72,181	59,731
12	3329,378	5400,081	89,080	71,878
13	4604,685	7310,872	178,649	140,948
14	4454,525	6665,834	282,872	199,666
15	5586,631	7606,237	166,641	112,445
16	6577,512	10683,344	257,437	209,917
17	6613,924	9856,955	238,555	173,307
18	6541,418	9834,330	161,218	129,290

De igual forma a los casos previos, el patrón de desigualdad se mantiene, la diferencia relativa al cuadrado es mayor al efecto medio de los tratamientos y ocurre lo contrario con el valor del parámetro de no centralidad, para el método propuesto su valor es menor al que se obtiene por el método de Tang (1938). Véase las figuras 25, 28 y 31. La siguiente tabla resume los resultados para el grupo 3 de ensayos con diseño completo al azar.

Tabla 19

Resumen de los resultados obtenidos en la simulación de ensayos diseño completo al azar grupo 3 CV mínimo de 15,93 y máximo de 28,88 ordenado por η^2 .

<i>Ensayo</i>	η^2	F_0	<i>CV</i>	λ_T	$(1 - \beta)_T$	λ_A	$(1 - \beta)_A$	$P_T - P_A$
4	0,460	3,070	25,193	15,329	0,743	11,572	0,602	0,141
9	0,461	3,080	19,605	15,410	0,746	10,844	0,570	0,176
5	0,492	3,490	23,752	17,445	0,804	14,390	0,712	0,092
7	0,501	3,620	28,817	18,101	0,820	14,913	0,730	0,091
3	0,515	3,820	15,931	19,120	0,844	14,660	0,721	0,122
11	0,523	3,950	22,788	19,731	0,856	12,679	0,648	0,208
2	0,526	4,000	19,317	19,975	0,861	15,640	0,753	0,108
1	0,527	4,010	18,551	20,037	0,862	19,649	0,855	0,008
8	0,535	4,150	19,043	20,752	0,875	16,579	0,781	0,095
12	0,543	4,270	18,366	21,375	0,886	13,065	0,664	0,223
6	0,555	4,490	18,948	22,470	0,903	14,002	0,698	0,204
15	0,608	5,580	23,588	27,895	0,958	23,923	0,922	0,036
10	0,659	6,960	17,351	34,820	0,987	24,009	0,923	0,064
13	0,675	7,470	17,464	37,330	0,991	26,698	0,949	0,043
14	0,687	7,890	22,177	39,425	0,994	22,738	0,907	0,088
16	0,720	9,240	21,933	46,184	0,998	35,471	0,988	0,010
17	0,758	11,300	23,146	56,492	1,000	46,215	0,998	0,001
18	0,787	13,290	21,938	66,456	1,000	48,951	0,999	0,001

Se mantiene la tendencia en la subestimación del valor de la potencia, la diferencia en los valores de la potencia es elevada, el valor del coeficiente de variación es elevado respecto de los dos grupos anteriores en diseño en bloque al azar.

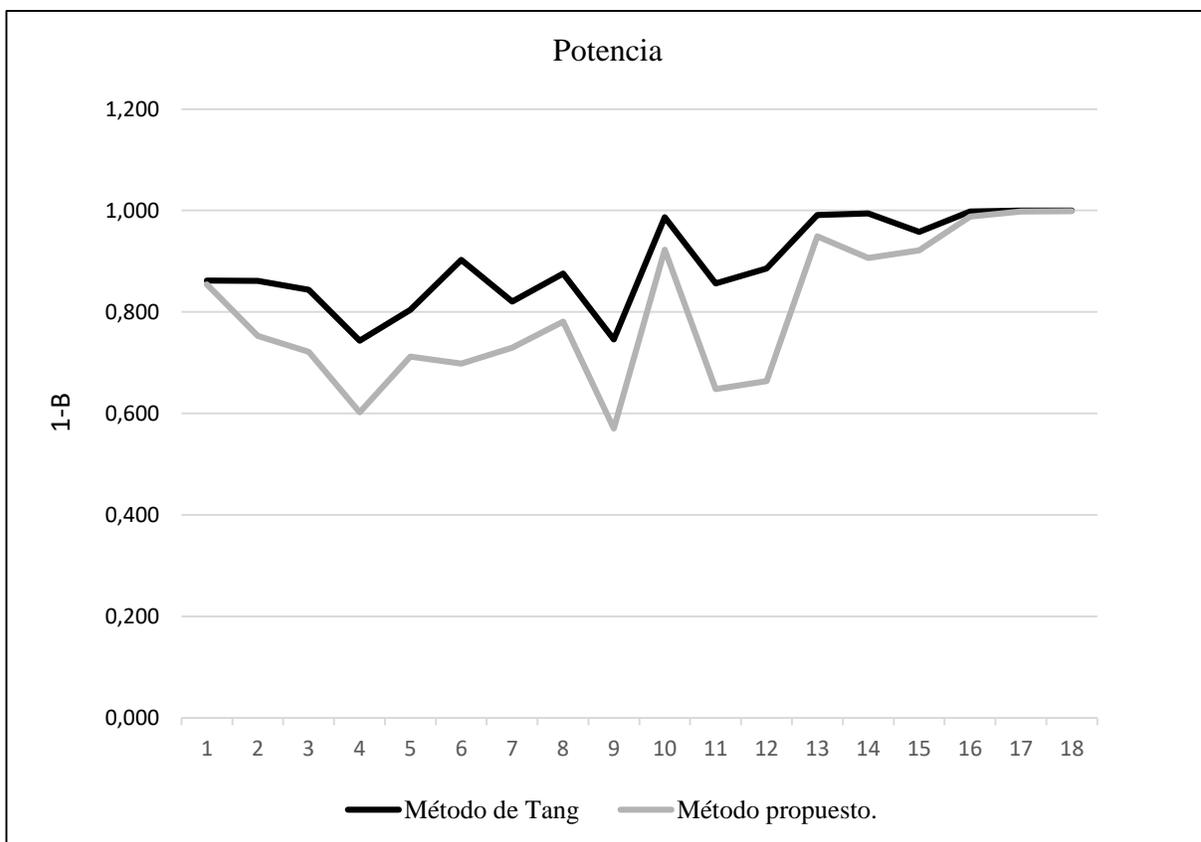


Figura 35. Potencia obtenida por la metodología de P.C. Tang (1938) y al aplicar la metodología propuesta, escenarios del grupo 3 completo al azar.

El valor del coeficiente de variación es mayor al 15% y menor al 29% para los ensayos de este grupo, el tamaño del efecto observado mínimo es de 0,460 y máximo de 0,787; en el método propuesto si η^2 tiene un valor bajo y él CV es elevado, la propuesta de aproximación subestima la magnitud de la potencia respecto al método de Tang (1938) con diferencias mayores entre los valores, se obtiene una valor del parámetro de no centralidad más bajo que en los casos anteriores, véase la tabla 19.

Tabla 20

Valor de D_r^2 , $\sum \tau_i^2$, λ_T y λ_A en la simulación de ensayos: grupo 3, metodología de Tang (1938) y propuesta de aproximación.

Ensayo	$\sum \tau_i^2$	D_r^2	λ_T	λ_A
1	1853,885	3380,950	20,037	19,649
2	1571,034	2918,103	19,975	15,640
3	1471,252	1860,312	19,120	14,660
4	2305,450	3672,340	15,329	11,572
5	2428,832	4059,083	17,445	14,390
6	2144,801	2513,534	22,470	14,002
7	2956,776	6191,942	18,101	14,913
8	1744,722	3006,078	20,752	16,579
9	1536,363	2083,919	15,410	10,844
10	2645,423	3613,988	34,820	24,009
11	3217,058	3291,996	19,731	12,679
12	2102,758	2203,441	21,375	13,065
13	2627,065	4071,132	37,330	26,698
14	4811,807	5591,504	39,425	22,738
15	4035,642	6655,670	27,895	23,923
16	6432,208	8531,336	46,184	35,471
17	7208,352	12379,008	56,492	46,215
18	7757,095	11779,106	66,456	48,951

Se repite el comportamiento observado en los casos anteriores; esto es: $D_r^2 > \sum \tau_i^2$ y $\lambda_T > \lambda_A$

Se muestra a continuación el resumen de los valores de la potencia obtenidos en todos los ensayos con diseño completo al azar

Tabla 21

Valor resultante de la potencia en los escenarios en diseño completo al azar.

Ensayo	r	Grupo 1		Grupo 2		Grupo 3	
		$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$
1	4	—	—	0,763	0,659	0,862	0,855
2	4	0,870	0,786	0,767	0,569	0,861	0,753
3	4	0,983	0,763	0,837	0,712	0,844	0,721
4	4	0,987	0,878	0,802	0,667	0,743	0,602
5	4	0,978	0,985	0,877	0,683	0,804	0,712
6	4	1,000	1,000	0,873	0,691	0,903	0,698
7	4	1,000	1,000	0,943	0,832	0,820	0,730
8	4	1,000	1,000	0,997	0,983	0,875	0,781
9	4	1,000	1,000	0,887	0,606	0,746	0,570
10	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,987	0,923
11	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,856	0,648
12	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,886	0,664
13	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,991	0,949
14	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,994	0,907
15	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,958	0,922
16	4	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998	0,988
17	4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,998
18	4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,999

En promedio para cada grupo de ensayos el valor de la diferencia entre la potencia aproximada y el valor comparado para los grupos 1, 2 y 3 es respectivamente 0,025, 0,075 y 0,092, véase las Tablas 15, 17 y 19 la columna $P_T - P_A$ representa la diferencia entre las potencias obtenidas y el valor del promedio. El valor de la sensibilidad obtenida con el método propuesto en todos los casos es superior a 0,50.

Los valores en las tablas 9,11,13,16,18 y 20, de D_r^2 son en todos los casos superiores a los de $\sum \tau_i^2$, D_r es un porcentaje y se eleva al cuadrado como se muestra en las ecuaciones (38) y (40)

$$\phi_A^2 = \frac{rD_r^2}{2tCV^2} \quad y \quad \lambda_A = \frac{rD_r^2}{2CV^2}$$

para obtener el valor del parámetro de no centralidad aproximado.

Kuehl (2001) y Montgomery (2004), coinciden en sus propuestas, en que, el valor que se obtiene para la función del parámetro de no centralidad ϕ^2 es un valor mínimo, “por lo tanto el tamaño de la muestra que se obtiene de la curva de operación característica es un valor conservador, proporciona un valor de la potencia al menos tan grande como el que especificó el investigador” (Montgomery 2004, p.108)

No puede obviarse el hecho de que estas propuestas alternativas utilizan el valor de σ^2 en sus expresiones además de las gráficas de las curvas de potencia para determinar el valor del error tipo II, su aplicación se realiza después de efectuado el análisis de varianza, es retrospectiva.

Siendo este un valor mínimo, puede esperarse también que el valor de la función del parámetro de no centralidad propuesto en este trabajo, determine valores conservadores del número de repetición y por lo tanto de la sensibilidad de la prueba, esto se evidencia en los resultados obtenidos con la propuesta de aproximación.

Es posible compensar esta diferencia, aumentando el número de repetición lo cual como es sabido disminuye la dispersión de los datos, las siguientes tablas muestran este hecho, se tomaron de cada grupo de escenarios simulados en bloques y completo al azar, los tres primeros

ensayos y se muestran los resultados de la potencia al incrementarse el número de repetición en el método propuesto, respecto del valor comparado en los escenarios con un diseño en bloques al azar y completo al azar respectivamente.

Tabla 22

Valor resultante de la potencia diseño en bloque al azar al incrementar r .

	<i>Ensayo</i>	r	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	r	$(1 - \beta)_A$
<i>Grupo 1</i>	2	4	0,861	0,773	5	0,868
	3	4	0,983	0,958	5	0,987
	4	4	0,997	0,940	5	0,979
<i>Grupo 2</i>	1	4	0,736	0,631	5	0,742
	2	4	0,739	0,516	7	0,790
	3	4	0,773	0,581	6	0,781
<i>Grupo 3</i>	1	4	0,795	0,786	5	0,879
	2	4	0,778	0,658	6	0,648
	3	4	0,775	0,644	6	0,835

Tabla 23

Valor resultante de la potencia en diseño completo al azar al incrementar r .

	<i>Ensayo</i>	r	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	r	$(1 - \beta)_A$
<i>Grupo 1</i>	2	4	0,870	0,786	5	0,879
	3	4	0,983	0,780	6	0,932
	4	4	0,987	0,879	6	0,976
<i>Grupo 2</i>	1	4	0,763	0,659	5	0,769
	2	4	0,767	0,569	6	0,770
	3	4	0,837	0,712	6	0,889
<i>Grupo 3</i>	1	4	0,862	0,855	5	0,929
	2	4	0,861	0,753	5	0,853
	3	4	0,844	0,721	5	0,826

El valor de la sensibilidad arrojada por la metodología propuesta es aceptable, en algunos casos supera al valor comparado cuando se incrementa el número de repetición, aunque depende del criterio del investigador y de los recursos disponibles para efectuar el experimento.

De manera análoga, arbitrariamente se disminuyó el valor del coeficiente de variación, las tablas siguientes muestran el valor de la potencia obtenido con la metodología propuesta con esta condición:

Tabla 24

Valor resultante de la potencia en diseño en Bloque al azar al disminuir CV.

	Ensayo	r	CV	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	CV	$(1 - \beta)_A$
Grupo 1	2	4	4,690	0,861	0,773	4,000	0,901
	3	4	4,275	0,983	0,958	4,000	0,978
	4	4	5,032	0,997	0,940	4,000	0,995
Grupo 2	1	4	8,358	0,736	0,631	7,000	0,803
	2	4	8,313	0,739	0,516	6,000	0,831
	3	4	6,990	0,773	0,581	5,000	0,890
Grupo 3	1	4	19,506	0,795	0,786	19,000	0,810
	2	4	20,661	0,778	0,658	18,000	0,793
	3	4	16,724	0,775	0,644	14,000	0,816

Tabla 25

Valor resultante de la potencia en diseño completo al azar al disminuir CV.

	Ensayo	r	CV	$(1 - \beta)_T$	$(1 - \beta)_A$	CV	$(1 - \beta)_A$
Grupo 1	2	4	4,770	0,870	0,786	4,000	0,921
	3	4	4,408	0,983	0,780	4,000	0,864
	4	4	5,757	0,987	0,879	4,000	0,997
Grupo 2	1	4	8,358	0,763	0,659	8,000	0,810
	2	4	8,306	0,767	0,569	8,000	0,805
	3	4	6,693	0,837	0,712	6,000	0,950
Grupo 3	1	4	18,551	0,862	0,855	18,000	0,944
	2	4	19,317	0,861	0,753	19,000	0,866
	3	4	15,931	0,844	0,721	15,000	0,874

Las tablas 24 y 25 muestran que al disminuir el valor del coeficiente de variación de los datos se incrementa el valor de la potencia calculada por el método de aproximación propuesto.

Con base en los resultados derivados en este trabajo, la tabla de datos que se muestra a continuación expone la aplicación de la metodología propuesta de manera prospectiva; corresponde a un experimento con un diseño en bloques al azar que se quiere planificar, el cual se realizaría con seis repeticiones y prueba ocho tratamientos, el investigador supone que habrá una diferencia relativa de 15% con respecto a la media, la cual se desea detectar.

Tabla 26

Datos utilizados para determinar la potencia y su número de repetición en un experimento, utilizando la metodología propuesta.

r	t	CV	Dr	ϕ^2	λ_A	$v1$	$v2$	F_{crit}	β	$1 - \beta$
6	8	1%	15,00%	84,375	675,000	7	35	2,285	0,000	1,000
6	8	2%	15,00%	21,094	168,750	7	35	2,285	0,000	1,000
6	8	3%	15,00%	9,375	75,000	7	35	2,285	0,000	1,000
6	8	4%	15,00%	5,273	42,188	7	35	2,285	0,003	0,997
6	8	5%	15,00%	3,375	27,000	7	35	2,285	0,047	0,953
6	8	6%	15,00%	2,344	18,750	7	35	2,285	0,166	0,834
6	8	7%	15,00%	1,722	13,776	7	35	2,285	0,318	0,682
6	8	8%	15,00%	1,318	10,547	7	35	2,285	0,456	0,544
6	8	9%	15,00%	1,042	8,333	7	35	2,285	0,566	0,434
6	8	10%	15,00%	0,844	6,750	7	35	2,285	0,648	0,352
6	8	11%	15,00%	0,697	5,579	7	35	2,285	0,709	0,291
6	8	12%	15,00%	0,586	4,688	7	35	2,285	0,755	0,245
6	8	13%	15,00%	0,499	3,994	7	35	2,285	0,789	0,211
6	8	14%	15,00%	0,430	3,444	7	35	2,285	0,816	0,184
6	8	15%	15,00%	0,375	3,000	7	35	2,285	0,836	0,164
6	8	16%	15,00%	0,330	2,637	7	35	2,285	0,852	0,148
6	8	17%	15,00%	0,292	2,336	7	35	2,285	0,865	0,135
6	8	18%	15,00%	0,260	2,083	7	35	2,285	0,876	0,124
6	8	19%	15,00%	0,234	1,870	7	35	2,285	0,885	0,115
6	8	20%	15,00%	0,211	1,688	7	35	2,285	0,892	0,108
6	8	21%	15,00%	0,191	1,531	7	35	2,285	0,898	0,102
6	8	22%	15,00%	0,174	1,395	7	35	2,285	0,903	0,097
6	8	23%	15,00%	0,159	1,276	7	35	2,285	0,908	0,092
6	8	24%	15,00%	0,146	1,172	7	35	2,285	0,911	0,089
6	8	25%	15,00%	0,135	1,080	7	35	2,285	0,915	0,085
6	8	26%	15,00%	0,125	0,999	7	35	2,285	0,918	0,082
6	8	27%	15,00%	0,116	0,926	7	35	2,285	0,920	0,080
6	8	28%	15,00%	0,108	0,861	7	35	2,285	0,923	0,077
6	8	29%	15,00%	0,100	0,803	7	35	2,285	0,925	0,075
6	8	30%	15,00%	0,094	0,750	7	35	2,285	0,926	0,074

El coeficiente de variación toma valores del intervalo $[1, 30]\%$, el nivel de confianza se fijó en 0,05. Se muestran los posibles valores de la potencia de la prueba que se obtendría para este experimento con las condiciones especificadas, puede advertirse que los datos necesarios para encontrar el valor de la aproximación al número de repetición y la correspondiente potencia están al alcance del investigador: r, t, Dr, CV y α ; número de repetición, número de tratamientos, diferencia relativa, coeficiente de variación y nivel de confianza respectivamente.

El método propuesto cumple con el objetivo de proveer la estimación del indicador de la potencia y el número de repetición necesario para alcanzarla antes de efectuar el experimento.

Se observa en la tabla 26, que la potencia calculada depende de la variabilidad de los datos, el investigador decidirá si debe y puede o no, incrementar el número de repetición.

Con base en los resultados obtenidos y a fin de operacionalizar el método propuesto se diseñaron tablas de potencia las cuales facilitarían al investigador la determinación de los estimados del número de repetición y la potencia de la prueba asociada a este, simplemente seleccionando el número de repetición y la diferencia relativa; se propuso la construcción de dos tipos de tablas: para diseño en bloques al azar y para experimentos con un diseño completo al azar, a continuación, se muestra un ejemplo de lo que sería una hoja de las tablas de potencia, una vez confeccionada, para el caso de experimentos con un diseño en bloque al azar, determina los valores de la potencia que se obtienen para un ensayo con 6 repeticiones y 8 tratamientos, muestra la potencia esperada para 9 diferencias relativas distintas en una hoja con niveles de confianza de 0.01 y 0.05, para este caso de 7% a 15% de la media general de tratamientos.

Tabla 27

Potencia para diferencias relativas de 7 a 15% con 6 repeticiones y 8 tratamientos, diseño en bloque al azar.

CV	r=6, t=8, Dr%=7		r=6, t=8, Dr%=8		r=6, t=8, Dr%=9		r=6, t=8, Dr%=10		r=6, t=8, Dr%=11		r=6, t=8, Dr%=12		r=6, t=8, Dr%=13		r=6, t=8, Dr%=14		r=6, t=8, Dr%=15	
	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05	α 0,01	α 0,05
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,951	0,992	0,991	0,999	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
3	0,514	0,769	0,688	0,886	0,830	0,953	0,922	0,985	0,922	0,985	0,991	0,999	0,998	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
4	0,230	0,477	0,340	0,609	0,469	0,732	0,603	0,834	0,603	0,834	0,830	0,953	0,904	0,979	0,951	0,992	0,978	0,997
5	0,119	0,306	0,176	0,400	0,250	0,504	0,340	0,609	0,340	0,609	0,550	0,796	0,655	0,866	0,750	0,918	0,830	0,953
6	0,072	0,215	0,103	0,278	0,145	0,352	0,199	0,434	0,199	0,434	0,340	0,609	0,425	0,693	0,514	0,769	0,603	0,834
7	0,050	0,164	0,068	0,207	0,093	0,259	0,126	0,319	0,126	0,319	0,216	0,459	0,274	0,534	0,340	0,609	0,412	0,682
8	0,037	0,133	0,050	0,164	0,066	0,201	0,086	0,245	0,086	0,245	0,145	0,352	0,184	0,413	0,230	0,477	0,282	0,544
9	0,030	0,113	0,038	0,136	0,050	0,164	0,064	0,197	0,064	0,197	0,103	0,278	0,130	0,326	0,162	0,378	0,199	0,434
10	0,025	0,100	0,031	0,117	0,039	0,139	0,050	0,164	0,050	0,164	0,078	0,227	0,096	0,264	0,119	0,306	0,145	0,352
11	0,022	0,090	0,027	0,104	0,033	0,121	0,040	0,141	0,040	0,141	0,061	0,190	0,074	0,220	0,091	0,254	0,110	0,291
12	0,020	0,083	0,024	0,094	0,028	0,108	0,034	0,124	0,034	0,124	0,050	0,164	0,060	0,188	0,072	0,215	0,086	0,245
13	0,018	0,078	0,021	0,087	0,025	0,098	0,029	0,112	0,029	0,112	0,042	0,144	0,050	0,164	0,059	0,186	0,070	0,211
14	0,017	0,074	0,019	0,082	0,022	0,091	0,026	0,102	0,026	0,102	0,036	0,129	0,042	0,145	0,050	0,164	0,058	0,184
15	0,016	0,070	0,018	0,077	0,020	0,085	0,024	0,094	0,024	0,094	0,031	0,117	0,037	0,131	0,043	0,147	0,050	0,164
16	0,015	0,068	0,017	0,074	0,019	0,081	0,022	0,089	0,022	0,089	0,028	0,108	0,032	0,120	0,037	0,133	0,043	0,148
17	0,014	0,066	0,016	0,071	0,018	0,077	0,020	0,084	0,020	0,084	0,026	0,101	0,029	0,111	0,033	0,122	0,038	0,135
18	0,014	0,064	0,015	0,068	0,017	0,074	0,019	0,080	0,019	0,080	0,024	0,094	0,027	0,103	0,030	0,113	0,034	0,124
19	0,013	0,062	0,015	0,066	0,016	0,071	0,018	0,076	0,018	0,076	0,022	0,089	0,024	0,097	0,027	0,106	0,031	0,115
20	0,013	0,061	0,014	0,065	0,015	0,069	0,017	0,074	0,017	0,074	0,020	0,085	0,023	0,092	0,025	0,100	0,028	0,108
21	0,013	0,060	0,014	0,063	0,015	0,067	0,016	0,071	0,016	0,071	0,019	0,082	0,021	0,088	0,024	0,094	0,026	0,102
22	0,013	0,059	0,013	0,062	0,014	0,065	0,016	0,069	0,016	0,069	0,018	0,079	0,020	0,084	0,022	0,090	0,024	0,097
23	0,012	0,058	0,013	0,061	0,014	0,064	0,015	0,068	0,015	0,068	0,018	0,076	0,019	0,081	0,021	0,086	0,023	0,092
24	0,012	0,058	0,013	0,060	0,014	0,063	0,015	0,066	0,015	0,066	0,017	0,074	0,018	0,078	0,020	0,083	0,022	0,089
25	0,012	0,057	0,013	0,059	0,013	0,062	0,014	0,065	0,014	0,065	0,016	0,072	0,017	0,076	0,019	0,080	0,020	0,085
26	0,012	0,056	0,012	0,059	0,013	0,061	0,014	0,064	0,014	0,064	0,016	0,070	0,017	0,074	0,018	0,078	0,020	0,082
27	0,012	0,056	0,012	0,058	0,013	0,060	0,014	0,063	0,014	0,063	0,015	0,068	0,016	0,072	0,017	0,076	0,019	0,080
28	0,012	0,056	0,012	0,057	0,013	0,059	0,013	0,062	0,013	0,062	0,015	0,067	0,016	0,070	0,017	0,074	0,018	0,077
29	0,011	0,055	0,012	0,057	0,012	0,059	0,013	0,061	0,013	0,061	0,014	0,066	0,015	0,069	0,016	0,072	0,017	0,075
30	0,011	0,055	0,012	0,056	0,012	0,058	0,013	0,060	0,013	0,060	0,014	0,065	0,015	0,067	0,016	0,070	0,017	0,074

Estas tablas resultan extensas debido al amplio rango de condiciones de repetición y tratamientos que contemplan, un mínimo de 3 repeticiones y 2 tratamientos hasta un máximo de 20 repeticiones y 15 tratamientos. La diferencia relativa toma valores dentro del intervalo de $[5,30]\%$.

El cálculo de las tablas se inicia con r igual a 3, t igual a 2, Dr igual a 5%, el coeficiente de variación toma los valores en el intervalo de $[1,30]\%$, se mantienen constantes r y t , se calcula la potencia para la diferencia relativa Dr inicial de 5% con niveles de confianza de 0.01 y 0.05, al determinar la potencia para esta diferencia relativa con un coeficiente de variación de 30% el valor de Dr se incrementa en una unidad y se repite este procedimiento, es decir se determina la potencia para Dr de 6%, 7%, 8%,..., 30%, con las mismas condiciones de repetición y tratamiento hasta alcanzar la diferencia relativa de 30%, al llegar a este valor de Dr , se incrementa en una unidad el número de tratamientos y se inicia de nuevo todo el proceso hasta que el número de tratamientos sea igual a 15 y se tendría la primera tabla de potencia para las condiciones de r igual a 3 y t igual a 15, cabe destacar que fueron calculadas hasta la condición de r igual a 20 y t igual a 15, cada tabla de potencia produce un documento de aproximadamente 40 hojas digitalizadas; en total se calcularon las tablas de potencia para 18 condiciones distintas de repetición y tratamiento, que se contendrían un documento de 720 páginas para experimentos con un diseño en bloque al azar y 720 páginas para el diseño completo al azar.

El uso de estas tablas puede considerarse impráctico dado el tamaño de los documentos que pueden generarse, razón por la cual se desarrolló la aplicación de software, la cual permite implementar de forma más eficiente el método propuesto para la determinación de la potencia y su número de repetición asociado, como una calculadora de potencia para los diseños

experimentales antes mencionados, a continuación, se muestra la interface gráfica de la aplicación desarrollada con base en el método propuesto.

Calculadora de Potencia




Por favor seleccione el tipo de diseño que usará, Introduzca todos los valores que se le piden y haga clic en el botón calcular potencia , verá sus resultados en el cuadro inferior, puede hacer multiples calculos cambiando cualquiera de los valores . Use punto (.) para separar decimales, desplace con la tecla Tab o mouse por los campos.

Diseño y Desarrollo Lcdo. Gabriel Alvarez
 galvarez9581@gmail.com

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 POSTGRADO EN ESTADISTICA

Una Aproximación al Número de Repeticiones en Modelos de Diseño Experimental de Una y Dos vias de Clasificación con Factores de Efecto Fijo y una Observación por Celada.

Junio 2017

Diseño Experimental
 Completo al Azar
 Bloque al Azar

Valor de Alfa
 Número de Repetición
 Número de Tratamientos
 % Coeficiente de Variación
 % de la diferencia entre medias

Calcular Potencia

Salir

Figura 36. Interface gráfica de usuario de la calculadora de potencia.

La aplicación determina la potencia dados los valores que el usuario introduce en los campos dispuestos para esto; previo a la selección del tipo de diseño experimental que empleará y sobre el cual se desea obtener la estimación, los datos requeridos son “Valor de Alfa” igual a 0.05 o 0.01, “Número de Repetición” es el valor de un número natural, “Número de Tratamientos” también un valor de un número natural, el “Coeficiente de Variación” es un porcentaje dentro del intervalo [1,100], el valor de “% de la diferencia entre medias “ es igual

al porcentaje que de la diferencia relativa entre medias de tratamiento que se quiere detectar con el experimento o Dr, estos dos últimos valores son introducidos como números decimales si es el caso, la aplicación los convierte en porcentaje, obsérvese el siguiente ejemplo de utilización de la aplicación

Calculadora de Potencia




Por favor seleccione el tipo de diseño que usará, Introduzca todos los valores que se le piden y haga clic en el botón calcular potencia , verá sus resultados en el cuadro inferior, puede hacer multiples calculos cambiando cualquiera de los valores . Use punto (.) para separar decimales, desplace con la tecla Tab o mouse por los campos.

Diseño y Desarrollo Lcdo. Gabriel Alvarez
 galvarez9581@gmail.com

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 POSTGRADO EN ESTADISTICA

Una Aproximación al Número de Repeticiones en Modelos de Diseño Experimental de Una y Dos vias de Clasificación con Factores de Efecto Fijo y una Observación por Celda.

Junio 2017

Diseño Experimental
 Completo al Azar
 Bloque al Azar

Valor de Alfa
 Número de Repetición
 Número de Tratamientos
 % Coeficiente de Variación
 % de la diferencia entre medias

Calcular Potencia

Resultados del Análisis:
 Tipo de diseño: Bloques al Azar
 Alfa=0.05
 Repeticiones(r)=8 Tratamientos (t)=4
 Grados de Libertad: v1=3, v2=21
 Fcalculado=3.072
 Pnc=9.0
 Beta=0.379
 Potencia=0.621

Salir

Figura 37. Ejemplo de utilización de la calculadora de potencia.

Los resultados que se obtienen para un experimento en bloques al azar con la configuración de valores dada por el investigador, se muestran en el cuadro de área de texto situado en la parte inferior izquierda de la interface gráfica; la potencia estimada que se obtendría es de 0,621, una vez más dependerá del investigador realizar el experimento con estas condiciones, sin embargo puede explorarse el cambio de los valores que el investigador considere pertinentes y volver a estimar los resultados haciendo clic en el botón “Calcular Potencia”, cada nuevo resultado se añade al anterior con lo que pueden verse todos los resultados obtenidos con distintas configuraciones de los valores dados. La siguiente figura muestra el cambio hecho en el valor del número de repetición y los resultados obtenidos al hacer clic en el botón indicado

Calculadora de Potencia




Por favor seleccione el tipo de diseño que usará, Introduzca todos los valores que se le piden y haga clic en el botón calcular potencia, verá sus resultados en el cuadro inferior, puede hacer multiples calculos cambiando cualquiera de los valores. Use punto (.) para separar decimales, desplace con la tecla Tab o mouse por los campos.

Diseño y Desarrollo Lcdo. Gabriel Alvarez
 galvarez9581@gmail.com

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
 FACULTAD DE AGRONOMIA
 POSTGRADO EN ESTADISTICA

Una Aproximación al Número de Repeticiones en Modelos de Diseño Experimental de Una y Dos vias de Clasificación con Factores de Efecto Fijo y una Observación por Celda.

Junio 2017

Diseño Experimental
 Completo al Azar
 Bloque al Azar

Valor de Alfa

Número de Repetición

Número de Tratamientos

% Coeficiente de Variación

% de la diferencia entre medias

Calcular Potencia

Resultados del Análisis:
 Tipo de diseño: Bloques al Azar
 Alfa=0.05
 Repeticiones(r)=11 Tratamientos (t)=4
 Grados de Libertad: v1=3, v2=30
 Fcalculado=2.922
 Pnc=12.375
 Beta=0.202
 Potencia=0.798

Salir

Figura 38. Nuevos resultados al cambiar el número de repetición

Esta flexibilidad en la aplicación desarrollada constituye una de sus mayores ventajas como herramienta de planificación, el resultado obtenido para el valor de β es equivalente al que se obtiene si se utiliza la función $Ncdf.F(c,gl1,gl2,nc)$ de SPSS 23 y RStudio cuya instrucción es $pf(p,df1,df2,ncp)$ lo cual requiere cierto conocimiento del manejo de estas soluciones, a continuación se muestran ejemplos de la precisión de la aplicación desarrollada respecto de estos paquetes estadísticos con los datos dados a la aplicación "Calculadora de Potencia", véase las figuras 37 y 38.

The screenshot shows the RStudio interface. The console on the left displays the R version information and the output of the `pf` function for two different parameter sets. The right pane shows the R Language Definition, which is a list of functions and their descriptions.

```

R version 3.3.1 (2016-06-21) -- "Bug in Your Hair"
Copyright (C) 2016 The R Foundation for Statistical Computing
Platform: i386-w64-mingw32/i386 (32-bit)

R is free software and comes with ABSOLUTELY NO WARRANTY.
You are welcome to redistribute it under certain conditions.
Type 'license()' or 'licence()' for distribution details.

R is a collaborative project with many contributors.
Type 'contributors()' for more information and
'citation()' on how to cite R or R packages in publications.

Type 'demo()' for some demos, 'help()' for on-line help, or
'help.start()' for an HTML browser interface to help.
Type 'q()' to quit R.

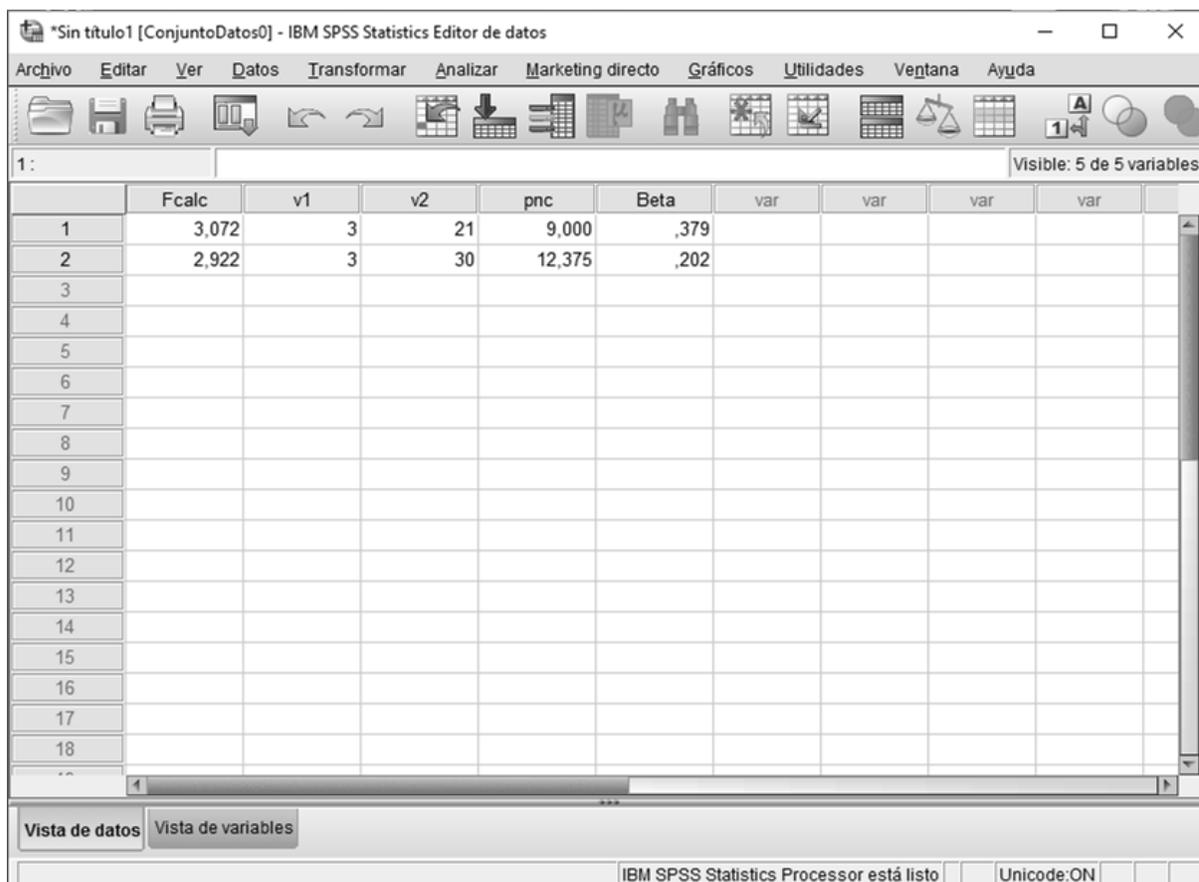
> pf(3.072, 3, 21, 9.0)
[1] 0.3786059
> pf(2.922, 3, 30, 12.375)
[1] 0.2018237
> |
  
```

The R Language Definition pane shows the following entries:

- N**
 - `NA`: [NA handling](#)
 - `NA`: [Indexing by vectors](#)
 - `names`: [Names](#)
 - `names<-`: [Names](#)
 - `NaN`: [NA handling](#)
 - `new.env`: [Environment objects](#)
 - `next`: [Looping](#)
 - `NextMethod`: [NextMethod](#)
 - `NULL`: [NULL object](#)
- O**
 - `on.exit`: [on.exit](#)
- P**

Figura 39. Valor resultante de resultante de β utilizando función `pf` de R-Studio

Obsérvese que los valores obtenidos son equivalentes a los que se obtienen con la aplicación desarrollada 0,3786059 y 0.2018237 respectivamente, la siguiente figura muestra el cálculo de esto valores usando la función Ncdf.F de SPSS 23



The screenshot shows the IBM SPSS Statistics Editor de datos interface. The main window displays a data table with the following columns: Fcalc, v1, v2, pnc, Beta, and four columns labeled 'var'. The data is as follows:

	Fcalc	v1	v2	pnc	Beta	var	var	var	var
1	3,072	3	21	9,000	,379				
2	2,922	3	30	12,375	,202				
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Figura 40. Valores resultantes utilizando SPSS 23 para B.

En ambos casos los valores obtenidos son equivalentes, la aplicación “Calculadora de Potencia” posee la misma precisión de estos paquetes estadísticos, sólo puede utilizarse para calcular la potencia y el número de repetición de ensayos con los diseños ya mencionados, por otra parte, estos sistemas de análisis estadístico carecen de una opción dentro de su menú de opciones para la determinación de la potencia de la prueba en el caso de RStudio, el cual es de licencia pública, SPSS es un software privativo y ofrece esta alternativa como un software

separado de su sistema, IBM SPSS Sample Power 3.0 es la denominación de esta aplicación y provee múltiples opciones de cálculo para la potencia y número de repetición en distintas pruebas estadísticas.

APORTES

- El resultado de la comparación de ambos métodos permitió la caracterización del comportamiento del método propuesto como un método alternativo viable para la determinación del estimado del número de repetición y sensibilidad en ensayos experimentales con los diseños ya mencionados.
- Operacionalización de la metodología propuesta, mediante la aplicación de software desarrollada como una calculadora de potencia que provee al investigador de una poderosa y flexible herramienta de planificación experimental, simple y fácil de usar, lo cual puede influir en su conducta a fin de que este pueda considerar el valor de error tipo II y desarrollar una planificación experimental más robusta.
- La aplicación desarrollada es totalmente gratuita y cuenta con una precisión similar a la observada en los paquetes estadísticos que se usaron para contrastar sus resultados.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El método propuesto es similar al método de Tang (1938), al ser aplicado de forma retrospectiva sobre los datos arrojados por el análisis de varianza correspondiente, los valores de la sensibilidad obtenidos son muy cercanos a los del método comparado.
- La propuesta de aproximación que en un principio se consideró determinaría valores equivalentes de la potencia respecto del método de Tang, subestima dicho valor y requiere del incremento en el número de repetición en presencia de elevada variabilidad y un valor bajo de la diferencia relativa, es un método conservador, sin embargo, al incrementar el número de repetición se garantiza al investigador la obtención de una sensibilidad equivalente o superior a la del método establecido por Tang, si el valor de la diferencia relativa Dr es alto y el coeficiente de variación de los datos CV es bajo, se logra una buena aproximación al valor de la potencia obtenida por el método comparado, con un mínimo número de repetición. Dependerá de los recursos que posea el investigador para efectuar el experimento.
- El tamaño de la diferencia física o biológicamente significativa que se desea detectar en el ensayo, es representado en la metodología de la aproximación propuesta por la diferencia relativa (Dr) entre medias de tratamiento; ya que el método propuesto se implementa de forma prospectiva supone el desconocimiento de este valor y se deja al investigador su asignación dentro del intervalo de [1, 100] % de la media general de los tratamientos contrastados, sin embargo si se tiene información sólida de éste valor

proveniente de estudios anteriores análogos al que se quiere implementar, el investigador puede hacer uso del mismo con el método propuesto.

- Esta alternativa proporciona un indicador de la sensibilidad que se obtendría y del número de repetición necesario para alcanzarla de forma simple, lo que lo convierte en una herramienta de fácil utilización en la fase de planificación de experimentos agrícolas, puede también considerarse su aplicación a otros contextos distintos a este donde se apliquen los mismos diseños experimentales a excepción de estudios en la ciencias sociales y psicología, además de investigaciones inéditas en las cuales sea requerido un estudio piloto.
- Debe considerarse para la implementación del método propuesto, un valor del coeficiente de variación lo más bajo posible ya que la metodología propuesta es sensible a dicho valor.
- El valor del parámetro de no centralidad propuesto, proporciona un menor tamaño del desplazamiento positivo de la distribución F no central, lo que determina una mayor magnitud del error tipo II y por lo tanto menor sensibilidad respecto del método comparado, esto es compensado con el incremento en el número de repetición.
- El método propuesto provee valores bajos de la potencia, al tomar iguales valores porcentuales de la diferencia relativa y del coeficiente de variación, ya que la función del parámetro de no centralidad aproximado cuya ecuación es: $\phi_A^2 = \frac{rD_r^2}{2tCV^2}$ determinaría

sólo el cociente $\frac{r}{2t}$, cabe destacar que el método propuesto utiliza medidas relativas de la diferencia entre medias de tratamiento (Dr) y dispersión (Cv).

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Ascanio, M., Chacín, F., & Machado, W. (1997). Comparación práctica de algunos diseños de tratamiento utilizados para estimar superficies de respuesta de dos factores en la investigación agrícola. *Revista de la facultad de Agronomía*, 47-60.
- Bayo, L. (2014). *Applied Statistical Methods in Agriculture, Health and Life Sciences*. Maleté, Nigeria: Springer.
- Cohen, J. (1992). A Power Primer. *Cuantitative Methods in Psychology. Psychological Bulletin*, 112(1), 155-159. Recuperado el 8 de 05 de 2017, de <http://psycnet.apa.org/index.cfm?fa=buy.optionToBuy&uid=1992-37683-001>
- Conagin, A. (1959). Determinacao do Numero de Repeticoes no Planejamento de Experimentos. *BRAGANTIA*, 18(2), 14-26. Recuperado el 20 de 03 de 2016, de <http://www.scielo.br/pdf/brag/v18nunico/02.pdf>
- De la Loma, J. L. (1982). *Experimentación Agrícola*. México D.F.: UTHEA.
- Federer, W. T. (1955). *Experimental Designs, Theory And Application*. New York: Mc Millan.
- Forbes, C., Evans, M., Hastings, N., & Peacock, B. (2011). *Statistical Distributions*. Hoboken, New Jersey: Wiley & Sons.
- Lehmer, E. (1944). Inverse Tables of Probabilities of Errors of Second Kind. *The Annals of Mathematical Statistics*, 15(4), 388-398.
- Lozano R., W. (2011). Determinación del Número Mínimo de Observación en Investigación, obviando las Estimaciones de la Varianza de los datos. *Revista de*

Didáctica Ambiental.(10), 54-61. Recuperado el 19 de 03 de 2016, de
www.didacticaambiental.com/revista/numero10/-.pdf

Machado, W. (2000). Planificación y análisis de experimentos en grandes parcelas sin repetición. *Alcance*(59), 83.

Machado, W. (2015). *Número de Repeticiones para Experimentos Comparativos*. Maracay, UCV Postgrado en Estadística 2015.

Melo M., O., Melo M., S., & López P., L. (2007). *Diseño de Experiemtnos, Metodos y Aplicaciones*.

Menéndez, E., & Jamed l., O. (2006). Una propuesta para el cálculo de la potencia en el Anova. *Revista Investigación Operacional*, 27(2), 194-205. Recuperado el 19 de 03 de 2016, de http://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/27206/IO_27206-10.pdf

Moncada J., J., Solera H., A., & Salazar R., W. (2002). Fuentes de Varianza e Indices de Varianza Explicada. *Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*®, 2(2), 72.
Recuperado el 08 de 05 de 2017, de
<https://www.researchgate.net/publication/234139405>

Montgomery, D. C. (2004). *Analisis y Diseño de Experimentos*. México: Limusa.

Murphy, B., & Myors, K. R. (2004). *Statistical Power Analysis A Simple and General Model for Traditional and Modern Hypothesis*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.

- Nelson, J. B. (2016). A robust function to return the cumulative density of non-central F distributions in Microsoft Office Excel. *Psicológica*, 37(1), 61-83. Recuperado el 2017 de 01 de 05, de <http://www.redalyc.org/pdf/169/16943586004.pdf>
- Oehlert, G. W. (2010). *A First Course in Design and Analysis of Experiments*. (Autor, Ed.) Minnesota.
- Patnaik, P. B. (1949). The noncentral Chi Square and F-distributions and their approximations. *Biometrika*, 202-232.
- Pearson, E. S., & Hartley, H. O. (Jun de 1951). Charts of the Power Function for Analysis of Variance Test Derived from Non Central F Distribution Reviewed work(s). *Biometrika*, 38(1/2), 112-130. Recuperado el 17 de 01 de 2016, de <http://www.jstor.org/stable/2332321>
- Pimentel Gomes, F. (1990). *Curso de Estadística Experimental*. Piracaiba, Sao Paulo, Brasil: Livraria Nobel.
- Romero Ch., S., Carney, E., J., & Rojas, B. (1966). La Potencia de la Prueba en los diseños Experimentales. *Agrociencia*, 1(1), 31-50. Recuperado el 19 de 03 de 2016, de <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/1773>
- Sheffé, H. (1959). *The Analysis of Variance*. Wiley.
- Tang, P. C. (1938). The Power Function of the Analysis of Variance Tests with Tables and Illustrations of Their Use. *Statistical Research Memoirs*, 12-149.
- Torres, V., & Seguí, Y. (2001). Procedimiento Práctico para la determinación de la función de potencia a posteriori. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 35(4), 319-322.

Recuperado el 08 de 05 de 2017, de

<http://www.redalyc.org/pdf/1930/193018246001.pdf>

Vivas , L. E., Astudillo, D., & Campos , L. E. (2007). Evaluación de la Eficacia del Insecticida Etofenprox 10,9% para el Control del Insecto Sogata en el Cultivo de Arroz, en Calabozo Estado Guárico, Venezuela. *Agronomía Tropical*, 57(4), 287-297.

Recuperado el 08 de 05 de 2017, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0002-192X2007000400005&script=sci_abstract

Walpole, R. E. (1999). *Probabilidad y Estadística para Ingenieros*. Naucalpan de Juárez, México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICA S.A.

Anexos.

Anexo 1. Datos de los experimentos de campo y de la bibliografía utilizados.

Ensayo a-1							
CULTIVARES							
BLOQUES	1	2	3	4	5	6	TOT BLOQUE
1	13,85	11,85	12,95	14,50	12,50	10,50	76,15
2	12,20	13,55	11,30	15,30	8,90	10,65	71,90
3	13,05	11,50	10,65	10,85	8,85	8,50	63,40
4	10,75	10,15	13,15	10,60	9,48	11,36	65,49
5	12,85	13,05	8,95	12,45	9,60	9,60	66,50
6	8,05	6,85	10,50	11,15	7,23	4,70	48,48
TOTALES TRAT.	70,75	66,95	67,50	74,85	56,56	55,31	391,92
MEDIA TRAT.	11,79	11,16	11,25	12,48	9,43	9,22	

Ensayo a-1						
ANALISIS DE VARIANZA						
Fuente de Variación	GL	SC	CM	F. Calculado	F. critico 0,05	F. critico 0,01
Tratamiento	5	50,7755	10,1551	4,7222	2,6030	3,8550
Bloque	5	74,8798	14,9760	6,9639		
Error Exp.	25	53,7628	2,1505			
Total	35	179,4180				

Ensayo a-2					
BLOQUES					
Variedades	1	2	3	4	Tot Variedad
Kennebec	9,20	13,40	11,00	9,20	42,80
Huinkul	21,10	27,00	26,40	25,70	100,20
S.Rafaela	22,60	29,90	24,20	25,10	101,80
Buena Vista	15,40	11,90	10,10	12,30	49,70
B 25-50E	12,70	18,00	18,20	17,10	66,00
B 1-52	20,00	21,10	20,00	28,00	89,10
B 116-51	23,10	24,20	26,40	16,30	90,00
B72-53	18,00	24,60	24,00	24,60	91,20
Total Bloques	142,10	170,10	160,30	158,30	630,80

Ensayo a-2						
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Fuente de Var	GL	SC	CM	Fcalc	Fcritico 0,05	Fcritico 0,01
Tratamientos	7	919,72	131,388571	15,3743627	2,4875777	3,639589558
Bloque	3	50,53	16,8433333	1,97091355	3,07246699	
Error	21	179,465	8,54595238			
Total	31	1149,715				

Ensayo a-3				
TRATAMIENTOS				
	A	B	C	D
	25,12	40,25	18,30	28,05
	17,25	35,25	22,60	28,55
	26,42	31,98	25,90	33,20
	16,08	36,52	15,05	31,68
	22,15	43,32	11,42	30,32
	15,92	37,10	23,68	27,58
TOTAL	122,94	224,42	116,95	179,38

Ensayo a-3						
ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Fcalc</i>	<i>Fcrit 0,05</i>	<i>Fcrit 0,01</i>
Entre Varied	1291,477146	3	430,492382	23,4183976	3,09839121	4,93819338
Error	367,65315	20	18,3826575			
Total	1659,130296	23				

Ensayo b-1										
ENSAYO DE FERTILIZACION										
Bloque	a0b0	a0b1	a0b2	a1b0	a1b1	a1b2	a2b0	a2b1	a2b2	Total
I	3,988	3,772	4,246	4,017	3,549	4,047	3,972	4,910	4,979	37,480
II	3,250	5,404	4,095	3,192	4,095	3,970	4,558	4,552	5,159	38,275
III	3,789	4,500	4,325	3,753	3,915	4,000	4,300	4,700	5,125	38,407
Total	11,03	13,68	12,67	10,96	11,56	12,02	12,83	14,16	15,26	114,16

Ensayo b-1						
ANÁLISIS DE VARIANZA						
FV	SC	GL	CM	Fcalc	Fcrit 0,05	Fcrit 0,01
Trat	5,75429067	8	0,719286333	4,85938612	2,591096	3,889572
Bloque	0,05588	2	0,02794			
Error	2,36828	16	0,14802			
Total	8,17844667	26				

Ensayo b-2					
Programa de nitrogenado	BLOQUES				Medias Trat
	1	2	3	4	
Control	34,98	41,22	36,94	39,97	38,28
2	40,89	46,69	46,65	41,90	44,03
3	42,07	49,42	52,68	42,91	46,77
4	37,18	45,85	40,23	39,20	40,62
5	37,99	41,99	37,61	40,45	39,51
6	34,89	50,15	44,57	43,29	43,23
Medias Bloq	38,00	45,89	43,11	41,29	42,07

Ensayo b-2						
ANALISIS DE VARIANZA						
F DE VAR	GL	SC	CM	Fcalc	Fcrit 0,05	Fcrit 0,01
bloque	5	201,316	40,263	5,5917	2,9013	4,5556
tratamiento	3	197,004	65,668	9,1198	3,2874	5,4170
E.EXPER	15	108,008	7,201			
TOTAL	23	506,329				

Ensayo b-3									
BLOQUES	CONTROL	N	P	NP	K	NK	PK	NPK	TOTAL
1	1,32	1,80	1,66	1,72	2,58	2,72	2,26	2,95	17,01
2	2,12	2,20	2,66	3,85	3,56	3,20	2,08	3,28	22,95
3	1,75	2,95	1,73	2,62	2,86	2,25	1,95	2,40	18,51
4	2,35	2,96	2,58	3,00	2,75	2,75	2,70	3,35	22,44
TOTAL	7,54	9,91	8,63	11,19	11,75	10,92	8,99	11,98	80,91

Ensayo b-3						
ANALISIS DE VARIANZA						
FV	GL	SC	CM	Fcalc	Pvalor	Fcrit
Bloque	3	3,201	1,0671	6,41	0,003	3,0725
Trat	7	4,525	0,6464	3,88	0,007	2,4876
Error	21	3,495	0,1664			
Total	31					

Ensayo c-1						
A las 24 horas						
Bloque	t1	t2	t3	t4	t5	Total
1	61,34	50,77	63,44	56,79	39,33	271,67
2	56,79	41,55	54,33	61,34	41,55	255,56
3	47,29	50,77	45,00	63,44	50,77	257,27
4	54,33	52,53	41,55	58,05	42,13	248,59
Total	219,75	195,62	204,32	239,62	173,78	1033,09

Enayo c-1						
a las 24 horas						
ANALISIS DE VARIANZA						
Fuente de Variación	GL	SC	CM	F. Calc	F. crit 0,05	F. criti 0,01
Tratamiento	4	616,5400	154,1350	3,5854	3,2592	5,4120
Bloque	3	56,3200	18,7733	0,4367		
Error Exp.	12	515,8800	42,9900			
Total	19	1188,7400				

Anexo 2. Datos de los ensayos simulados con diseño en Bloque al azar:

CV 5%:

Trat	Bloque	YE1S5	YE2S5	YE3S5	YE4S5	YE5S5	YE6S5	YE7S5	YE8S5	YE9S5	YE10S5	YE11S5	YE12S5	YE13S5	YE14S5	YE15S5	YE16S5	YE17S5	YE18S5
T1	1	93,96	104,51	103,07	111,46	111,64	109,60	126,93	118,89	125,66	133,13	127,23	130,10	138,31	147,56	140,22	151,95	148,16	147,54
T1	2	104,73	109,38	115,23	113,93	115,14	110,40	114,29	121,26	120,59	127,55	130,84	131,97	136,03	137,91	138,56	152,63	145,04	148,71
T1	3	102,86	101,86	108,95	112,49	115,22	111,57	122,51	115,10	119,47	123,60	143,45	131,77	141,25	151,00	127,95	140,08	149,36	150,71
T1	4	99,54	110,44	106,14	94,15	112,53	104,30	117,18	115,67	132,38	131,00	130,92	131,13	142,90	141,10	139,91	137,69	152,11	145,59
		100,28	106,55	108,34	108,01	113,63	108,97	120,23	117,73	124,53	128,82	133,11	131,24	139,62	144,39	136,66	145,59	148,67	148,14
T2	1	98,21	97,92	106,20	102,59	113,06	110,61	112,10	114,18	110,54	103,75	119,25	111,54	110,06	115,29	114,68	135,73	127,13	125,58
T2	2	99,19	90,99	105,68	108,07	104,26	110,01	115,89	106,15	119,25	114,93	109,68	113,15	116,83	122,21	122,64	126,13	121,03	113,30
T2	3	103,17	98,71	109,79	109,85	103,32	113,41	118,06	106,37	115,94	109,16	109,33	117,38	124,27	122,59	124,68	123,26	128,65	125,69
T2	4	105,81	94,73	96,64	102,69	103,17	118,64	104,53	113,31	107,43	106,67	120,59	118,05	118,92	123,49	116,01	130,21	133,04	120,16
		101,60	95,59	104,58	105,80	105,95	113,17	112,65	110,00	113,29	108,62	114,71	115,03	117,52	120,90	119,50	128,83	127,46	121,18
T3	1	101,16	99,42	104,62	103,33	104,12	112,60	110,41	109,26	97,61	104,07	107,39	100,64	102,57	107,83	105,99	106,87	109,11	97,12
T3	2	99,85	99,63	102,25	104,75	100,32	100,91	101,97	108,41	106,68	109,33	97,26	115,76	113,09	100,18	113,19	115,29	115,89	109,09
T3	3	95,54	105,53	100,50	105,61	103,27	101,79	102,53	100,43	106,52	109,28	108,72	108,14	110,99	107,08	110,93	112,46	97,93	109,74
T3	4	96,92	98,88	100,31	94,82	102,77	106,53	107,57	102,08	103,20	110,44	103,54	104,76	105,41	116,32	109,65	119,28	107,60	107,49
		98,37	100,86	101,92	102,13	102,62	105,46	105,62	105,04	103,50	108,28	104,23	107,33	108,01	107,85	109,94	113,47	107,63	105,86
T4	1	99,56	93,17	94,39	89,36	98,69	90,92	93,76	101,20	106,05	92,45	97,12	91,62	91,54	88,81	81,43	86,68	95,31	83,61
T4	2	96,76	93,26	99,65	92,23	100,52	92,61	89,65	100,89	90,94	91,90	95,97	91,02	88,17	95,09	93,89	87,06	86,98	89,16
T4	3	100,07	95,52	105,70	96,84	92,15	88,03	98,43	94,23	86,09	87,89	106,45	84,58	93,03	87,56	84,56	84,55	88,41	100,20
T4	4	91,88	105,24	92,79	100,87	86,56	95,38	88,71	102,44	95,69	96,52	101,84	93,18	90,86	96,85	90,08	96,72	105,91	97,48
		97,07	96,80	98,13	94,82	94,48	91,74	92,64	99,69	94,69	92,19	100,35	90,10	90,90	92,08	87,49	88,75	94,15	92,61
T5	1	94,59	93,39	100,52	86,96	97,07	95,70	90,75	80,59	95,84	81,10	87,63	88,87	76,28	80,22	77,75	72,15	75,69	62,58
T5	2	96,84	94,76	101,03	97,78	107,54	89,37	95,96	83,37	86,43	81,82	78,06	87,77	76,35	78,88	78,74	79,16	79,30	68,30
T5	3	95,92	109,93	91,88	94,61	96,33	95,99	90,91	84,95	88,91	79,06	86,24	83,06	79,28	81,19	77,08	76,85	74,92	67,10
T5	4	102,90	98,41	98,21	90,69	91,31	89,49	95,45	86,44	88,90	87,21	88,08	91,32	74,76	86,32	76,60	84,79	78,37	76,17
		97,56	99,12	97,91	92,51	98,06	92,64	93,26	83,84	90,02	82,30	85,00	87,76	76,67	81,65	77,54	78,24	77,07	68,54
T6	1	98,04	95,21	91,84	92,45	99,67	88,28	82,50	83,45	78,44	71,23	71,24	68,34	54,31	63,01	72,27	46,32	51,49	48,60
T6	2	101,25	90,74	93,73	87,76	94,81	91,97	82,04	85,73	89,98	77,50	67,83	71,02	57,49	53,50	54,84	40,27	56,92	46,36
T6	3	101,81	91,28	89,22	94,28	93,14	91,04	86,78	82,20	78,04	69,24	68,40	74,36	60,68	69,51	52,21	52,40	50,26	48,78
T6	4	93,32	94,44	93,47	84,02	84,53	86,46	78,98	88,62	78,74	66,97	71,69	70,84	57,32	57,66	54,50	47,40	42,23	49,61
Media Trat		98,61	92,92	92,06	89,63	93,04	89,44	82,58	85,00	81,30	71,23	69,79	71,14	57,45	60,92	58,46	46,60	50,22	48,34
Media Gen		98,91	98,64	100,49	98,82	101,30	100,23	101,16	100,22	101,22	98,57	101,20	100,43	98,36	101,30	98,27	100,25	100,87	97,44
SauSCua		14,67	113,15	163,65	284,28	300,72	517,39	995,68	925,85	1258,87	2163,30	2459,50	2335,13	4362,68	4385,71	4191,93	6542,73	6214,42	6474,54
		Y15	Y110	Y120	Y25	Y210	Y220	Y35	Y310	Y320	Y45	Y410	Y420	Y55	Y510	Y520	Y65	Y610	Y620
CME		15,37	21,40	18,46	24,73	17,45	15,97	18,70	10,10	38,00	14,23	20,30	14,06	8,96	26,32	33,56	35,87	35,83	22,82
CV		3,96	4,69	4,28	5,03	4,12	3,99	4,27	3,17	6,09	3,83	4,45	3,73	3,04	5,06	5,90	5,97	5,93	4,90
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
t		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
phi		0,80	1,88	2,43	2,77	3,39	4,65	5,96	7,82	4,70	10,07	8,99	10,52	18,02	10,54	9,13	11,03	10,75	13,75
Lambda		3,82	21,15	35,46	45,98	68,93	129,57	212,98	366,67	132,51	608,10	484,63	664,33	1947,63	666,52	499,63	729,60	693,77	1134,89
Fcal		0,76	4,23	7,09	9,20	13,79	25,92	42,60	73,32	26,50	121,60	96,93	132,90	389,50	133,29	99,91	145,94	138,77	227,01
Fcrit		2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
v1		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
v2		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
beta		0,80	0,14	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot		0,20	0,86	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
		1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00	8,00	9,00	10,00	11,00	12,00	13,00	14,00	15,00	16,00	17,00	18,00
Dr		4,53	13,63	16,28	18,38	20,59	23,73	37,65	33,89	43,23	57,59	63,32	60,10	82,17	83,47	78,21	99,99	98,45	99,80
DrCuad		20,97	190,94	262,45	345,96	413,16	560,48	1385,13	1143,55	1823,98	3413,24	3914,99	3580,89	6978,55	6789,84	6334,67	9948,82	9526,39	###
CvCuad		15,71	21,99	18,28	25,33	17,01	15,90	18,27	10,06	37,09	14,64	19,82	13,94	9,26	25,65	34,76	35,69	35,22	24,03
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
phi		0,67	1,70	2,19	2,13	2,85	3,43	5,03	6,16	4,05	8,81	8,11	9,25	15,85	9,39	7,79	9,64	9,50	12,06
Lambda1		2,67	17,36	28,71	27,32	48,59	70,51	151,61	227,43	98,36	466,14	395,02	513,80	1507,12	529,43	364,53	557,46	541,02	872,92
Lambda2		2,67	17,36	28,71	27,32	48,59	70,51	151,61	227,43	98,36	466,14	395,02	513,80	1507,12	529,43	364,53	557,46	541,02	872,92
beta		0,85	0,22	0,05	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot		0,15	0,78	0,95	0,94	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EtaCuad		0,19	0,53	0,65	0,66	0,72	0,89	0,92	0,94	0,89	0,97	0,95	0,97	0,99	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98

CV10%

Trat	Bloque	YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
T1	1	120,80	102,69	102,97	122,11	109,16	118,12	102,90	109,09	113,88	129,78	130,44	147,47	121,09	140,31	127,31	151,30	137,60	143,24
T1	2	112,30	108,89	104,74	121,03	123,49	115,22	115,02	115,35	101,79	137,21	127,76	136,62	144,30	145,68	125,02	165,96	159,90	148,93
T1	3	109,56	112,34	112,01	103,90	101,11	110,29	126,32	100,34	101,71	145,29	119,17	144,12	145,02	146,68	150,46	135,47	143,55	162,09
T1	4	119,66	95,96	113,71	115,10	104,26	107,21	103,75	114,73	118,48	145,05	140,67	122,15	155,80	125,96	141,94	161,53	151,79	159,04
		115,58	104,97	108,36	115,54	109,51	112,71	112,00	109,88	108,97	139,33	129,51	137,59	141,55	139,66	136,18	153,57	148,21	153,33
T2	1	115,65	100,29	87,55	94,52	107,55	93,35	123,47	95,15	106,08	121,80	100,82	123,22	133,61	123,64	148,53	120,64	123,41	130,11
T2	2	110,67	98,27	99,65	103,83	95,87	86,36	92,49	95,39	103,01	119,50	119,38	130,17	116,06	130,58	114,28	115,35	114,81	123,77
T2	3	97,69	114,24	95,26	111,04	108,34	112,44	109,84	112,26	107,47	109,91	107,62	100,40	118,98	117,69	121,28	137,88	140,67	120,82
T2	4	93,08	99,20	97,87	117,27	96,62	119,05	105,22	106,24	120,20	112,22	107,29	110,94	129,79	109,47	130,32	122,90	133,40	106,18
		104,27	103,00	95,08	106,67	102,10	102,80	107,76	102,26	109,19	115,86	108,78	116,18	124,61	120,35	128,60	124,19	128,07	120,22
T3	1	96,94	105,89	104,49	94,41	103,37	113,23	128,15	90,94	107,46	96,97	107,26	101,95	97,78	99,59	127,79	109,01	103,94	107,15
T3	2	100,15	95,13	93,07	98,70	109,04	111,42	89,44	98,95	114,81	105,13	118,15	128,46	102,63	98,55	103,84	114,17	117,15	131,75
T3	3	98,71	103,19	108,33	109,79	91,50	101,69	117,13	115,46	105,97	101,24	113,49	86,83	108,33	103,07	127,54	103,60	92,05	101,88
T3	4	89,07	92,83	94,73	114,20	114,95	90,96	95,00	104,25	105,22	104,10	108,11	107,61	101,00	115,89	100,37	86,52	117,51	139,88
		96,22	99,26	100,16	104,28	104,72	104,33	107,43	102,40	108,37	101,86	111,75	106,21	102,44	104,28	114,89	103,33	107,66	120,17
T4	1	109,31	90,29	85,01	101,36	76,85	90,39	83,21	95,23	101,70	90,79	92,91	73,05	86,25	84,57	88,42	98,71	93,91	98,31
T4	2	100,66	112,23	97,28	98,43	92,98	94,26	104,46	101,42	103,38	93,12	94,40	94,63	86,67	83,96	103,36	99,31	78,39	87,59
T4	3	103,79	106,33	91,06	93,31	89,28	98,09	97,57	96,35	87,89	81,03	97,67	99,43	98,45	86,73	83,93	79,50	73,14	100,78
T4	4	105,26	106,15	104,42	121,85	96,19	89,84	93,07	111,32	95,24	105,94	82,83	89,55	77,50	81,24	98,13	99,22	99,63	106,17
		104,76	103,75	94,44	103,74	88,83	93,15	94,58	101,08	97,05	92,72	91,95	89,17	87,22	84,13	93,46	94,19	86,27	98,21
T5	1	115,24	108,65	99,06	89,74	96,41	73,30	103,41	95,38	74,10	79,04	85,47	83,87	79,11	74,86	78,55	78,70	69,30	86,82
T5	2	89,12	98,53	87,97	96,25	86,18	97,74	79,80	85,86	110,13	88,80	84,85	100,14	77,18	76,29	71,49	75,19	73,41	86,65
T5	3	99,20	105,47	92,37	94,45	93,44	97,69	92,49	87,32	98,54	92,73	105,67	81,89	99,36	75,43	63,63	77,56	74,64	83,99
T5	4	109,09	107,30	84,35	88,32	92,21	90,81	94,20	90,75	79,12	83,93	86,24	74,30	88,42	69,47	85,83	72,35	70,82	50,21
		103,16	104,99	90,94	92,19	92,06	89,89	92,48	89,83	90,47	86,13	90,56	85,05	86,02	74,01	74,88	75,95	72,04	76,92
T6	1	110,69	83,17	86,63	102,57	88,50	94,35	84,36	81,43	97,25	70,63	86,07	54,38	45,42	48,16	41,73	56,54	44,31	61,50
T6	2	78,08	104,12	99,83	101,02	90,20	80,03	78,69	77,91	90,05	80,37	52,87	71,09	47,03	69,67	52,24	38,06	67,01	46,77
T6	3	80,11	78,40	91,43	90,45	93,78	91,75	72,23	74,29	82,10	52,33	88,77	66,07	65,30	53,29	45,82	46,96	41,84	53,43
T6	4	105,89	76,81	95,80	84,43	103,41	82,95	68,00	85,95	64,92	80,66	52,56	65,61	67,52	70,30	57,63	58,44	47,55	41,88
Media Tra		93,69	85,63	93,42	94,62	93,97	87,27	75,82	79,90	83,58	71,00	70,07	64,29	56,32	60,36	49,36	50,00	50,18	50,90
Media Gen		102,95	100,27	97,07	102,84	98,53	98,36	98,34	97,56	99,60	101,15	100,44	99,75	99,69	97,13	99,56	100,20	98,74	103,29
SauSCua		293,60	279,40	198,69	359,69	328,23	483,23	913,50	581,47	602,94	2880,71	2134,74	3329,38	4604,68	4454,52	5586,63	6577,51	6613,92	6541,42
		YE1	YE2	YE3	YE4	YE5	YE6	YE7	YE8	YE9	YE10	YE11	YE12	YE13	YE14	YE15	YE16	YE17	YE18
CME		74,03	69,48	46,04	89,05	69,10	105,35	127,10	50,85	123,20	63,07	124,85	120,20	82,83	67,51	146,82	115,46	108,30	190,67
CV		8,36	8,31	6,99	9,18	8,44	10,44	11,46	7,31	11,14	7,85	11,13	10,99	9,13	8,46	12,17	10,72	10,54	13,37
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
t		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Phi		1,63	1,64	1,70	1,64	1,78	1,75	2,19	2,76	1,81	5,52	3,38	4,30	6,09	6,63	5,04	6,16	6,38	4,78
Lambda		15,97	16,09	17,26	16,16	19,00	18,35	28,75	45,74	19,58	182,70	68,39	110,79	222,37	263,93	152,20	227,87	244,28	137,23
Fcal		3,19	3,22	3,45	3,23	3,80	3,67	5,75	9,15	3,92	36,54	13,68	22,15	44,48	52,78	30,44	45,58	48,88	27,45
Forit		2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
v1		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
v2		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
beta		0,26	0,26	0,23	0,26	0,18	0,20	0,05	0,00	0,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot		0,74	0,74	0,77	0,74	0,82	0,80	0,95	1,00	0,83	1,00	1,00	1,00						
		YE1	YE2	YE3	YE4	YE5	YE6	YE7	YE8	YE9	YE10	YE11	YE12	YE13	YE14	YE15	YE16	YE17	YE18
Dr		21,89	19,36	17,42	23,35	20,68	25,44	36,18	29,98	25,61	68,34	59,44	73,30	85,24	79,30	86,83	103,57	98,03	102,43
DrCuad		452,13	372,83	322,08	515,56	440,53	669,01	1353,49	944,39	661,10	4564,88	3502,49	5400,08	7310,87	6665,83	7606,24	10683,34	9856,95	9834,33
CvCuad		69,85	69,11	48,87	84,21	71,18	108,90	131,42	53,43	124,18	61,65	123,77	120,81	83,34	71,56	148,12	114,99	111,08	178,72
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
phi		1,47	1,34	1,48	1,43	1,44	1,43	1,85	2,43	1,33	4,97	3,07	3,86	5,41	5,57	4,14	5,56	5,44	4,28
Lambda1		12,95	10,79	13,18	12,25	12,38	12,29	20,60	35,35	10,65	148,10	56,60	89,40	175,44	186,30	102,70	185,81	177,47	110,05
Lambda2		12,95	10,79	13,18	12,25	12,38	12,29	20,60	35,35	10,65	148,10	56,60	89,40	175,44	186,30	102,70	185,81	177,47	110,05
beta		0,37	0,46	0,36	0,40	0,39	0,40	0,15	0,02	0,47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot		0,63	0,54	0,64	0,60	0,61	0,60	0,85	0,98	0,53	1,00	1,00	1,00						
EtaCuad		0,40	0,47	0,51	0,49	0,54	0,53	0,59	0,71	0,54	0,90	0,80	0,83	0,91	0,94	0,90	0,93	0,93	0,90

Cv 20%

Trat	Bloque	YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
T1	1	110,84	121,20	119,82	104,41	131,75	145,02	157,15	107,52	125,90	147,09	138,32	156,13	117,39	79,83	117,32	166,13	139,90	118,37
T1	2	126,58	82,03	132,67	148,03	145,28	132,67	130,48	143,42	130,75	118,62	176,16	128,81	110,45	146,25	148,88	151,53	158,02	148,17
T1	3	137,59	112,05	136,74	153,82	130,45	125,20	116,60	98,03	130,56	104,93	129,70	94,51	133,39	136,13	145,58	185,84	151,79	148,58
T1	4	161,83	75,78	143,49	110,12	109,48	106,65	93,57	128,72	120,97	123,24	129,91	106,39	151,44	143,39	146,16	139,88	141,45	170,30
		134,21	97,77	133,18	129,10	129,24	127,39	124,45	119,42	127,05	123,47	143,52	121,46	128,17	126,40	139,49	160,85	147,79	146,36
T2	1	107,08	102,59	92,03	116,34	70,96	97,46	57,06	90,90	94,47	98,23	142,34	118,39	118,87	138,05	120,73	139,05	156,02	123,89
T2	2	100,18	113,65	145,39	88,02	134,47	146,92	90,11	94,68	116,02	142,63	140,47	109,34	124,58	107,11	73,08	159,11	88,34	138,71
T2	3	95,85	87,54	126,39	120,50	92,52	117,00	107,85	106,78	122,28	134,56	77,49	169,91	100,97	118,19	170,19	136,89	117,65	145,39
T2	4	101,97	98,44	119,49	81,41	95,95	109,18	85,60	114,37	120,13	104,42	122,44	129,51	105,23	115,45	110,46	106,44	133,69	127,19
		101,27	100,56	120,83	101,57	98,48	117,64	85,16	101,68	113,23	119,96	120,69	131,79	112,41	119,70	118,62	135,37	123,93	133,80
T3	1	108,65	83,56	112,50	135,39	152,41	104,29	107,55	99,81	100,95	84,80	121,18	123,09	68,69	107,74	141,74	35,17	124,88	126,77
T3	2	94,57	103,41	86,60	96,46	102,04	86,57	116,33	87,99	121,17	139,24	145,66	100,76	130,34	126,93	99,97	126,54	101,50	103,75
T3	3	104,33	109,63	138,14	136,92	95,36	126,66	101,28	111,79	101,03	112,02	125,91	107,01	111,75	132,75	82,11	114,54	104,94	99,35
T3	4	102,22	139,08	119,58	81,76	117,32	122,25	91,69	128,22	113,91	117,55	149,99	114,63	102,31	127,35	114,03	95,94	106,07	107,94
		102,44	108,92	114,21	112,63	116,78	109,94	104,21	106,95	109,27	113,40	135,69	111,37	103,27	123,69	109,46	93,05	109,35	109,45
T4	1	101,55	93,01	118,04	85,55	95,31	59,83	87,50	92,19	58,73	82,86	74,00	106,16	76,33	96,13	122,15	132,27	73,40	70,91
T4	2	118,15	122,85	83,35	78,09	104,94	68,44	130,42	84,28	92,92	109,05	49,47	105,84	82,89	104,68	97,36	90,29	71,13	92,13
T4	3	75,13	90,39	106,92	91,69	103,76	115,62	111,25	103,02	104,94	103,18	133,11	149,27	83,49	149,37	104,21	120,20	64,86	92,19
T4	4	112,73	91,96	136,75	98,15	82,91	77,17	35,63	53,30	113,55	78,39	60,21	108,35	63,90	69,32	77,60	94,35	119,40	71,71
		101,89	99,55	111,27	88,37	96,73	80,27	91,20	83,20	92,54	93,37	79,20	117,41	76,65	104,88	100,33	109,28	82,20	81,74
T5	1	120,91	75,80	90,17	61,71	85,98	92,92	68,22	131,83	103,22	68,85	116,94	85,69	88,19	73,99	75,59	111,40	62,67	64,02
T5	2	96,09	89,72	93,19	79,33	111,26	103,76	53,45	80,31	67,77	110,75	85,16	69,63	68,19	92,70	110,32	72,38	90,81	99,09
T5	3	140,50	77,41	92,65	120,42	36,60	100,10	80,80	91,84	135,73	89,82	97,24	104,39	105,31	65,67	75,43	70,98	104,31	77,01
T5	4	76,62	96,40	106,31	68,04	121,99	134,56	87,66	95,87	47,47	88,89	105,25	79,91	94,49	52,53	89,68	88,23	75,10	80,56
		108,53	84,83	95,58	82,38	88,96	107,84	72,53	99,96	88,55	89,58	101,15	84,91	89,05	71,22	87,76	85,75	83,22	80,17
T6	1	79,88	48,27	98,71	35,05	45,83	61,61	47,91	65,75	77,81	62,39	111,08	95,45	68,90	50,95	29,18	53,72	18,60	4,62
T6	2	40,05	36,54	100,21	98,08	81,50	93,87	55,70	87,64	82,66	63,88	71,58	70,52	71,97	75,19	69,90	56,23	3,13	99,13
T6	3	80,73	73,43	72,72	50,71	64,88	87,46	24,35	61,62	83,51	67,63	119,78	87,38	45,16	39,82	52,69	71,73	68,44	35,92
T6	4	94,88	78,91	71,23	96,64	71,57	59,70	90,73	51,36	78,24	58,30	66,24	71,13	81,53	41,61	73,23	63,95	66,50	18,22
Media Tr		73,89	59,29	85,72	70,12	65,95	75,66	54,67	66,59	80,56	63,05	92,17	81,12	66,89	51,89	56,25	61,41	39,17	39,47
Media Ger		103,70	91,82	110,13	97,36	99,36	103,12	88,70	96,30	101,86	100,47	112,07	108,01	96,07	99,63	101,98	107,62	97,61	98,50
SauSCua		1853,89	1571,03	1471,25	2305,45	2428,83	2144,80	2956,78	1744,72	1536,36	2645,42	3217,06	2102,76	2627,07	4811,81	4035,64	6432,21	7208,35	7757,10
		YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
CME		409,20	359,87	339,20	583,10	530,30	386,70	735,80	401,80	397,80	240,70	735,80	350,60	314,40	475,70	688,67	597,70	509,40	391,70
CV		19,51	20,66	16,72	24,80	23,18	19,07	30,58	20,81	19,58	15,44	24,20	17,34	18,46	21,89	25,73	22,72	23,12	20,09
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
t		6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
phi		1,74	1,71	1,70	1,62	1,75	1,92	1,64	1,70	1,60	2,71	1,71	2,00	2,36	2,60	1,98	2,68	3,07	3,63
phi		3,02	2,91	2,89	2,64	3,05	3,70	2,68	2,89	2,57	7,33	2,91	4,00	5,57	6,74	3,91	7,17	9,43	13,20
Lambda		18,12	17,46	17,35	15,82	18,32	22,19	16,07	17,37	15,45	43,96	17,49	23,99	33,42	40,46	23,44	43,05	56,60	79,21
Lambda2		18,12	17,46	17,35	15,82	18,32	22,19	16,07	17,37	15,45	43,96	17,49	23,99	33,42	40,46	23,44	43,05	56,60	79,21
Fcal		3,62	3,49	3,47	3,16	3,66	4,44	3,21	3,47	3,09	8,79	3,41	4,80	6,69	8,09	4,69	8,61	11,32	15,84
Eta Cuad		0,46	0,53	0,52	0,46	0,49	0,56	0,50	0,54	0,46	0,66	0,52	0,54	0,67	0,69	0,61	0,72	0,76	0,79
Fcrit		2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90	2,90
v1		5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
v2		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
beta		0,20	0,22	0,22	0,27	0,20	0,12	0,26	0,22	0,28	0,00	0,22	0,10	0,02	0,01	0,10	0,00	0,00	0,00
pot		0,80	0,78	0,78	0,73	0,80	0,88	0,74	0,78	0,72	1,00	0,78	0,90	0,98	0,99	0,90	1,00	1,00	1,00
		YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
Dr		60,30	49,60	47,50	59,00	63,30	51,70	69,80	52,80	46,50	60,40	64,30	50,70	61,30	74,50	83,20	99,40	108,60	106,90
DrCuad		3380,95	2918,10	1860,31	3672,34	4059,08	2513,53	6191,94	3006,08	2083,92	3613,99	3292,00	2203,44	4071,13	5591,50	6655,67	8531,34	12379,01	11779,11
CvCuad		380,49	426,86	279,68	615,15	537,21	363,65	935,14	433,25	383,39	238,45	585,86	300,54	340,63	479,24	662,15	516,09	534,67	403,75
r		4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
phi		1,72	1,51	1,49	1,41	1,59	1,52	1,49	1,52	1,35	2,25	1,37	1,56	2,00	1,97	1,83	2,35	2,78	3,12
Phi		2,96	2,28	2,22	1,99	2,52	2,30	2,21	2,31	1,81	5,05	1,87	2,44	3,98	3,89	3,35	5,51	7,72	9,72
Lambda1		17,77	13,67	13,30	11,94	15,11	13,82	13,24	13,88	10,87	30,31	11,24	14,66	23,90	23,34	20,10	33,06	46,31	58,35
Lambda2		17,77	13,67	13,30	11,94	15,11	13,82	13,24	13,88	10,87	30,31	11,24	14,66	23,90	23,34	20,10	33,06	46,31	58,35
beta		0,21	0,34	0,36	0,41	0,29	0,34	0,36	0,33	0,46	0,04	0,44	0,31	0,10	0,10	0,16	0,03	0,00	0,00
pot		0,79	0,66	0,64	0,59	0,71	0,66	0,64	0,67	0,54	0,96	0,56	0,69	0,90	0,90	0,84	0,97	1,00	1,00

Anexo 3. Datos de los ensayos simulados con diseño completo al azar:

CV 5%

Trat	YE1S5	YE2S5	YE3S5	YE4S5	YE5S5	YE6S5	YE7S5	YE8S5	YE9S5	YE10S5	YE11S5	YE12S5	YE13S5	YE14S5	YE15S5	YE16S5	YE17S5	YE18S5
T1	93,96	104,51	103,07	111,46	111,64	109,60	126,93	118,89	125,66	133,13	127,23	130,10	138,31	147,56	140,22	151,95	148,16	147,54
T1	104,73	109,38	115,23	113,93	115,14	110,40	114,29	121,26	120,59	127,55	130,84	131,97	136,03	137,91	138,56	152,63	145,04	148,71
T1	102,86	101,86	108,95	112,49	115,22	111,57	122,51	115,10	119,47	123,60	143,45	131,77	141,25	151,00	127,95	140,08	149,36	150,71
T1	99,54	110,44	106,14	94,15	112,53	104,30	117,18	115,67	132,38	131,00	130,92	131,13	142,90	141,10	139,91	137,69	152,11	145,59
Media Trat	100,28	106,55	108,34	108,01	113,63	108,97	120,23	117,73	124,53	128,82	133,11	131,24	139,62	144,39	136,66	145,59	148,67	148,14
T2	98,21	97,92	106,20	102,59	113,06	110,61	112,10	114,18	110,54	103,75	119,25	111,54	110,06	115,29	114,68	135,73	127,13	125,58
T2	99,19	90,99	105,68	108,07	104,26	110,01	115,89	106,15	119,25	114,93	109,68	113,15	116,83	122,21	122,64	126,13	121,03	113,30
T2	103,17	98,71	109,79	109,85	103,32	113,41	118,06	106,37	115,94	109,16	109,33	117,38	124,27	122,59	124,68	123,26	128,65	125,69
T2	105,81	94,73	96,64	102,69	103,17	118,64	104,53	113,31	107,43	106,67	120,59	118,05	118,92	123,49	116,01	130,21	133,04	120,16
Media Trat	101,60	95,59	104,58	105,80	105,95	113,17	112,65	110,00	113,29	108,62	114,71	115,03	117,52	120,90	119,50	128,83	127,46	121,18
T3	101,16	99,42	104,62	103,33	104,12	112,60	110,41	109,26	97,61	104,07	107,39	100,64	102,57	107,83	105,99	106,87	109,11	97,12
T3	99,85	99,63	102,25	104,75	100,32	100,91	101,97	108,41	106,68	109,33	97,26	115,76	113,09	100,18	113,19	115,29	115,89	109,09
T3	95,54	105,53	100,50	105,61	103,27	101,79	102,53	100,43	106,52	109,28	108,72	108,14	110,99	107,08	110,93	112,46	97,93	109,74
T3	96,92	98,88	100,31	94,82	102,77	106,53	107,57	102,08	103,20	110,44	103,54	104,76	105,41	116,32	109,65	119,28	107,60	107,49
Media Trat	98,37	100,86	101,92	102,13	102,62	105,46	105,62	105,04	103,50	108,28	104,23	107,33	108,01	107,85	109,94	113,47	107,63	105,86
T4	99,56	93,17	94,39	89,36	98,69	90,92	93,76	101,20	106,05	92,45	97,12	91,62	91,54	88,81	81,43	86,68	95,31	83,61
T4	96,76	93,26	99,65	92,23	100,52	92,61	89,65	100,89	90,94	91,90	95,97	91,02	88,17	95,09	93,89	87,06	86,98	89,16
T4	100,07	95,52	105,70	96,84	92,15	88,03	98,43	94,23	86,09	87,89	106,45	84,58	93,03	87,56	84,55	84,55	88,41	100,20
T4	91,88	105,24	92,79	100,87	86,56	95,38	88,71	102,44	95,69	96,52	101,84	93,18	90,86	96,85	90,08	96,72	105,91	97,48
Media Trat	97,07	96,80	98,13	94,82	94,48	91,74	92,64	99,69	94,69	92,19	100,35	90,10	90,90	92,08	87,49	88,75	94,15	92,61
T5	94,59	93,39	100,52	86,96	97,07	95,70	90,75	80,59	95,84	81,10	87,63	88,87	76,28	80,22	77,75	72,15	75,69	62,58
T5	96,84	94,76	101,03	97,78	107,54	89,37	95,96	83,37	86,43	81,82	78,06	87,77	76,35	78,88	78,74	79,16	79,30	68,30
T5	95,92	109,93	91,88	94,61	96,33	95,99	90,91	84,95	88,91	79,06	86,24	83,06	79,28	81,19	77,08	76,85	74,92	67,10
T5	102,90	98,41	98,21	90,69	91,31	89,49	95,45	86,44	88,90	87,21	88,08	91,32	74,76	86,32	76,60	84,79	78,37	76,17
Media Trat	97,56	99,12	97,91	92,51	98,06	92,64	93,26	83,84	90,02	82,30	85,00	87,76	76,67	81,65	77,54	78,24	77,07	68,54
T6	98,04	95,21	91,84	92,45	99,67	88,28	82,50	83,45	78,44	71,23	71,24	68,34	54,31	63,01	72,27	46,32	51,49	48,60
T6	101,25	90,74	93,73	87,76	94,81	91,97	82,04	85,73	89,98	77,50	67,83	71,02	57,49	53,50	54,84	40,27	56,92	46,36
T6	101,81	91,28	89,22	94,28	93,14	91,04	86,78	82,20	78,04	69,24	68,40	74,36	60,68	69,51	52,21	52,40	50,26	48,78
T6	93,32	94,44	93,47	84,02	84,53	86,46	78,98	88,62	78,74	66,97	71,69	70,84	57,32	57,66	54,50	47,40	42,23	49,61
Media Trat	98,61	92,92	92,06	89,63	93,04	89,44	82,58	85,00	81,30	71,23	69,79	71,14	57,45	60,92	58,46	46,60	50,22	48,34
Media Gen	98,91	98,64	100,49	98,82	101,30	100,23	101,16	100,22	101,22	98,57	101,20	100,43	98,36	101,30	98,27	100,25	100,87	97,44
SumTausCu	14,67	113,15	163,65	284,28	300,72	517,39	995,68	925,85	1258,87	2163,30	2459,50	2335,13	4362,68	4385,71	4191,93	6542,73	6214,42	6474,54
Ino	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
CME	19,43	22,14	19,62	32,36	37,65	14,03	20,24	12,46	33,92	15,52	27,04	14,06	13,68	28,84	30,88	33,2	33,98	27,61
CV	4,46	4,77	4,41	5,76	6,06	3,74	4,45	3,52	5,75	4,00	5,14	3,73	3,76	5,30	5,66	5,75	5,78	5,39
r	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
t	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Lambda	3,02	20,44	33,36	35,14	31,95	147,51	196,77	297,22	148,45	557,55	363,83	664,33	1275,64	608,28	543,00	788,28	731,54	938,00
phi	0,71	1,85	2,36	2,42	2,31	4,96	5,73	7,04	4,97	9,64	7,79	10,52	14,58	10,07	9,51	11,46	11,04	12,50
Fcal	3,21	4,09	6,65	7,03	8,43	29,50	39,35	59,44	29,69	111,51	72,78	132,88	255,16	121,67	108,58	157,63	146,30	187,62
Fcrit	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77	2,77
v1	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
v2	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00	18,00
beta	0,83	0,13	0,02	0,01	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot Tang	0,17	0,87	0,98	0,99	0,98	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Dr	11,65	13,63	12,51	18,38	25,30	23,73	37,65	33,99	43,23	57,59	63,32	60,10	82,17	83,47	78,21	98,99	98,45	99,80
DrCuad	138,72	190,94	154,97	345,96	623,80	560,48	1385,13	1110,05	1823,98	3413,24	3914,99	3580,89	6978,55	6789,84	6334,67	9750,82	9526,39	10489,22
ajuste		245,69	206,97	446,77	846,52	744,72	1874,67	1474,44	2471,53	4386,21	5302,46	4776,88	8929,40	9214,18	8089,47	12959,20	12818,20	13172,15
CvCuad	19,86	22,76	19,43	33,14	36,69	13,96	19,78	12,41	33,11	15,97	26,40	13,94	14,14	28,11	31,98	33,04	33,40	29,08
r	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00	4,00
phi	1,53	1,67	1,63	1,87	2,38	3,66	4,83	5,46	4,29	8,44	7,03	9,25	12,83	8,97	8,13	9,92	9,75	10,97
Lambda1	13,97	16,78	15,95	20,88	34,00	80,27	140,07	178,96	110,19	427,40	296,55	513,80	987,12	483,17	396,17	590,30	570,48	721,48
Lambda2	13,97	21,59	21,31	26,96	46,14	106,66	189,58	237,70	149,31	549,23	401,65	685,40	1263,07	655,68	505,91	784,53	767,60	906,02
beta	0,30	0,11	0,12	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
pot A	0,70	0,89	0,88	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
EtaCuad	0,47	0,53	0,65	0,66	0,70	0,89	0,92	0,94	0,89	0,97	0,95	0,97	0,99	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98

CV 10%

Trat	YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
T1	120,80	102,69	102,97	122,11	109,16	118,12	102,90	109,09	113,88	129,78	130,44	147,47	121,09	140,31	127,31	151,30	137,60	143,24
T1	112,30	108,89	104,74	121,03	123,49	115,22	115,02	115,35	101,79	137,21	127,76	136,62	144,30	145,68	125,02	165,96	159,90	148,93
T1	109,56	112,34	112,01	103,90	101,11	110,29	126,32	100,34	101,71	145,29	119,17	144,12	145,02	146,68	150,46	135,47	143,55	162,09
T1	119,66	95,96	113,71	115,10	104,26	107,21	103,75	114,73	118,48	145,05	140,67	122,15	155,80	125,96	141,94	161,53	151,79	159,04
Media Trat	115,58	104,97	108,36	115,54	109,51	112,71	112,00	109,88	108,97	139,33	129,51	137,59	141,55	139,66	136,18	153,57	148,21	153,33
T2	115,65	100,29	87,55	94,52	107,55	93,35	123,47	95,15	106,08	121,80	100,82	123,22	133,61	123,64	148,53	120,64	123,41	130,11
T2	110,67	98,27	99,65	103,83	95,87	86,36	92,49	95,39	103,01	119,50	119,38	130,17	116,06	130,58	114,28	115,35	114,81	123,77
T2	97,69	114,24	95,26	111,04	108,34	112,44	109,84	112,26	107,47	109,91	107,62	100,40	118,98	117,69	121,28	137,88	140,67	120,82
T2	93,08	99,20	97,87	117,27	96,62	119,05	105,22	106,24	120,20	112,22	107,29	110,94	129,79	109,47	130,32	122,90	133,40	106,18
Media Trat	104,27	103,00	95,08	106,67	102,10	102,80	107,76	102,26	109,19	115,86	108,78	116,18	124,61	120,35	128,60	124,19	128,07	120,22
T3	96,94	105,89	104,49	94,41	103,37	113,23	128,15	90,94	107,46	96,97	107,26	101,95	97,78	99,59	127,79	109,01	103,94	107,15
T3	100,15	95,13	93,07	98,70	109,04	111,42	89,44	98,95	114,81	105,13	118,15	128,46	102,63	98,55	103,84	114,17	117,15	131,75
T3	98,71	103,19	108,33	109,79	91,50	101,69	117,13	115,46	105,97	101,24	113,49	86,83	108,33	103,07	127,54	103,60	92,05	101,88
T3	89,07	92,83	94,73	114,20	114,95	90,96	95,00	104,25	105,22	104,10	108,11	107,61	101,00	115,89	100,37	86,52	117,51	139,88
Media Trat	96,22	99,26	100,16	104,28	104,72	104,33	107,43	102,40	108,37	101,86	111,75	106,21	102,44	104,28	114,89	103,33	107,66	120,17
T4	109,31	90,29	85,01	101,36	76,85	90,39	83,21	95,23	101,70	90,79	92,91	73,05	86,25	84,57	88,42	98,71	93,91	98,31
T4	100,66	112,23	97,28	98,43	92,98	94,26	104,46	101,42	103,38	93,12	94,40	94,63	86,67	83,96	103,36	99,31	78,39	87,59
T4	103,79	106,33	91,06	93,31	89,28	98,09	97,57	96,35	87,89	81,03	97,67	99,43	98,45	86,73	83,93	79,50	73,14	100,78
T4	105,26	106,15	104,42	121,85	96,19	89,84	93,07	111,32	95,24	105,94	82,83	89,55	77,50	81,24	98,13	99,22	99,63	106,17
Media Trat	104,76	103,75	94,44	103,74	88,83	93,15	94,58	101,08	97,05	92,72	91,95	89,17	87,22	84,13	93,46	94,19	86,27	98,21
T5	115,24	108,65	99,06	89,74	96,41	73,30	103,41	95,38	74,10	79,04	85,47	83,87	79,11	74,86	78,55	78,70	69,30	86,82
T5	89,12	98,53	87,97	96,25	86,18	97,74	79,80	85,86	110,13	88,80	84,85	100,14	77,18	76,29	71,49	75,19	73,41	86,65
T5	99,20	105,47	92,37	94,45	93,44	97,69	92,49	87,32	98,54	92,73	105,67	81,89	99,36	75,43	63,63	77,56	74,64	83,99
T5	109,09	107,30	84,35	88,32	92,21	90,81	94,20	90,75	79,12	83,93	86,24	74,30	88,42	69,47	85,83	72,35	70,82	50,21
Media Trat	103,16	104,99	90,94	92,19	92,06	89,89	92,48	89,83	90,47	86,13	90,56	85,05	86,02	74,01	74,88	75,95	72,04	76,92
T6	110,69	83,17	86,63	102,57	88,50	94,35	84,36	81,43	97,25	70,63	86,07	54,38	45,42	48,16	41,73	56,54	44,31	61,50
T6	78,08	104,12	99,83	101,02	90,20	80,03	78,69	77,91	90,05	80,37	52,87	71,09	47,03	69,67	52,24	38,06	67,01	46,77
T6	80,11	78,40	91,43	90,45	93,78	91,75	72,23	74,29	82,10	52,33	88,77	66,07	65,30	53,29	45,82	46,96	41,84	53,43
T6	105,89	76,81	95,80	84,43	103,41	82,95	68,00	85,95	64,92	80,66	52,56	65,61	67,52	70,30	57,63	58,44	47,55	41,88
Media Trat	93,69	85,63	93,42	94,62	93,97	87,27	75,82	79,90	83,58	71,00	70,07	64,29	56,32	60,36	49,36	50,00	50,18	50,90
Media Gen	102,95	100,27	97,07	102,84	98,53	98,36	98,34	97,56	99,60	101,15	100,44	99,75	99,69	97,13	99,56	100,20	98,74	103,29
SumTauSiCu	295,60	279,40	198,69	359,69	328,23	483,23	913,50	581,47	602,94	2880,71	2134,74	3329,38	4604,68	4454,52	5586,63	6577,51	6613,92	6541,42
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
CME	74,03	69,36	42,21	82,89	63,05	93,75	140,8	53,64	112,5	69,56	118,3	149,5	103,1	62,99	134,1	102,2	110,9	162,3
CV	8,3577925	8,306219	6,6932866	8,8532571	8,0589706	9,8443153	12,06591	7,5073633	10,648753	8,2455431	10,829337	12,257919	10,185221	8,1712758	11,631333	10,088929	10,665425	12,334015
r	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
t	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
phi	1,632	1,639	1,771	1,701	1,863	1,854	2,080	2,688	1,890	5,254	3,468	3,853	5,457	6,866	5,270	6,550	6,305	5,184
Lambda	15,971735	16,11327	18,828763	17,357477	20,823651	20,617693	25,951779	43,360964	21,437791	165,65306	72,180612	89,080339	178,64926	282,87188	166,64075	257,43685	238,5545	161,21793
Fcal	3,19	3,22	3,77	3,47	4,17	4,12	5,19	8,67	4,29	33,13	14,44	17,81	35,74	56,57	33,33	51,5	47,71	32,25
Fcrit	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532	2,7728532
v1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
v2	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
beta	0,2368086	0,2326017	0,1627142	0,1980857	0,1232746	0,1269285	0,057409	0,0028709	0,1129101	3,435E-15	8,873E-06	2,254E-07	1,409E-16	4,83E-28	2,697E-15	3,355E-25	4,165E-23	1,015E-14
pot Tang	0,7631914	0,7673983	0,8372858	0,8019143	0,8767254	0,8730715	0,942591	0,9971291	0,8870899	1	0,9999911	0,9999998	1	1	1	1	1	1
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Dr	21,89	19,36	17,42	23,35	20,68	25,44	36,18	29,98	25,61	68,33	59,44	73,3	85,24	79,3	86,83	103,57	98,03	102,43
DrCuad	452,13	372,83	322,08	515,56	440,53	669,01	1353,49	944,39	661,10	4563,54	3502,49	5400,08	7310,87	6665,83	7606,24	10683,34	9856,95	9834,33
reba de ajust	633,71	495,69	401,32	721,06	565,58	855,91	1731,14	1188,66	867,39	6174,74	4672,54	7105,65	9609,10	8316,53	9970,92	14186,12	12709,07	13875,54
CvCuad	69,85	68,99	44,80	78,38	64,95	96,91	145,59	56,36	113,40	67,99	117,27	150,26	103,74	66,77	135,29	101,79	113,75	152,13
r	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
phi	1,469	1,342	1,548	1,481	1,504	1,517	1,760	2,363	1,394	4,730	3,155	3,461	4,847	5,769	4,329	5,915	5,374	4,642
Lambda1	12,95	10,81	14,38	13,16	13,57	13,81	18,59	33,51	11,66	134,24	59,73	71,88	140,95	199,67	112,45	209,92	173,31	129,29
Lambda2	18,14	14,37	17,92	18,40	17,42	17,66	23,78	42,18	15,30	181,64	79,69	94,58	185,26	249,11	147,40	278,74	223,45	182,42
beta	0,1784702	0,288593	0,183985	0,172464	0,1965489	0,1902444	0,0799885	0,0035713	0,2576279	6,729E-17	1,771E-06	6,606E-08	2,748E-17	2,824E-24	2,888E-13	1,402E-27	1,92E-21	5,548E-17
pot A	0,8215298	0,711407	0,816015	0,827536	0,8034511	0,8097556	0,9200115	0,9964287	0,7423721	1	0,9999982	0,9999999	1	1	1	1	1	1
EtaCuad	0,3962334	0,4725725	0,5112569	0,4909587	0,5363562	0,5339779	0,5904977	0,7066598	0,5436105	0,9019961	0,8005062	0,8319071	0,9085035	0,9401646	0,9029091	0,9346624	0,9298468	0,8995771

CV 20%

Trat	YE1S5	YE1S10	YE1S20	YE2S5	YE2S10	YE2S20	YE3S5	YE3S10	YE3S20	YE4S5	YE4S10	YE4S20	YE5S5	YE5S10	YE5S20	YE6S5	YE6S10	YE6S20
T1	110,84	121,20	119,82	104,41	131,75	145,02	157,15	107,52	125,90	147,09	138,32	156,13	117,39	79,83	117,32	166,13	139,90	118,37
T1	126,58	82,03	132,67	148,03	145,28	132,67	130,48	143,42	130,75	118,62	176,16	128,81	110,45	146,25	148,88	151,53	158,02	148,17
T1	137,59	112,05	136,74	153,82	130,45	125,20	116,60	98,03	130,56	104,93	129,70	94,51	133,39	136,13	145,58	185,84	151,79	148,58
T1	161,83	75,78	143,49	110,12	109,48	106,65	93,57	128,72	120,97	123,24	129,91	106,39	151,44	143,39	146,16	139,88	141,45	170,30
Media Trat	134,21	97,77	133,18	129,10	129,24	127,39	124,45	119,42	127,05	123,47	143,52	121,46	128,17	126,40	139,49	160,85	147,79	146,36
T2	107,08	102,59	92,03	116,34	70,96	97,46	57,06	90,90	94,47	98,23	142,34	118,39	118,87	138,05	120,73	139,05	156,02	123,89
T2	100,18	113,65	145,39	88,02	134,47	146,92	90,11	94,68	116,02	142,63	140,47	109,34	124,58	107,11	73,08	159,11	88,34	138,71
T2	95,85	87,54	126,39	120,50	92,52	117,00	107,85	106,78	122,28	134,56	77,49	169,91	100,97	118,19	170,19	136,89	117,65	145,39
T2	101,97	98,44	119,49	81,41	95,95	109,18	85,60	114,37	120,13	104,42	122,44	129,51	105,23	115,45	110,46	106,44	133,69	127,19
Media Trat	101,27	100,56	120,83	101,57	98,48	117,64	85,16	101,68	113,23	119,96	120,69	131,79	112,41	119,70	118,62	135,37	123,93	133,80
T3	108,65	83,56	112,50	135,39	152,41	104,29	107,55	99,81	100,95	84,80	121,18	123,09	68,69	107,74	141,74	35,17	124,88	126,77
T3	94,57	103,41	86,60	96,46	102,04	86,57	116,33	87,99	121,17	139,24	145,66	100,76	130,34	126,93	99,97	126,54	101,50	103,75
T3	104,33	109,63	138,14	136,92	95,36	126,66	101,28	111,79	101,03	112,02	125,91	107,01	111,75	132,75	82,11	114,54	104,94	99,35
T3	102,22	139,08	119,58	81,76	117,32	122,25	91,69	128,22	113,91	117,55	149,99	114,63	102,31	127,35	114,03	95,94	106,07	107,94
Media Trat	102,44	108,92	114,21	112,63	116,78	109,94	104,21	106,95	109,27	113,40	135,69	111,37	103,27	123,69	109,46	93,05	109,35	109,45
T4	101,55	93,01	118,04	85,55	95,31	59,83	87,50	92,19	58,73	82,86	74,00	106,16	76,33	96,13	122,15	132,27	73,40	70,91
T4	118,15	122,85	83,35	78,09	104,94	68,44	130,42	84,28	92,92	109,05	49,47	105,84	82,89	104,68	97,36	90,29	71,13	92,13
T4	75,13	90,39	106,92	91,69	103,76	115,62	111,25	103,02	104,94	103,18	133,11	149,27	83,49	149,37	104,21	120,20	64,86	92,19
T4	112,73	91,96	136,75	98,15	82,91	77,17	35,63	53,30	113,55	78,39	60,21	108,35	63,90	69,32	77,60	94,35	119,40	71,71
Media Trat	101,89	99,55	111,27	88,37	96,73	80,27	91,20	83,20	92,54	93,37	79,20	117,41	76,65	104,88	100,33	109,28	82,20	81,74
T5	120,91	75,80	90,17	61,71	85,98	92,92	68,22	131,83	103,22	68,85	116,94	85,69	88,19	73,99	75,59	111,40	62,67	64,02
T5	96,09	89,72	93,19	79,33	111,26	103,76	53,45	80,31	67,77	110,75	85,16	69,63	68,19	92,70	110,32	72,38	90,81	99,09
T5	140,50	77,41	92,65	120,42	36,60	100,10	80,80	91,84	135,73	89,82	97,24	104,39	105,31	65,67	75,43	70,98	104,31	77,01
T5	76,62	96,40	106,31	68,04	121,99	134,56	87,66	95,87	47,47	88,89	105,25	79,91	94,49	52,53	89,68	88,23	75,10	80,56
Media Trat	108,53	84,83	95,58	82,38	88,96	107,84	72,53	99,96	88,55	89,58	101,15	84,91	89,05	71,22	87,76	85,75	83,22	80,17
T6	79,88	48,27	98,71	35,05	45,83	61,61	47,91	65,75	77,81	62,39	111,08	95,45	68,90	50,95	29,18	53,72	18,60	4,62
T6	40,05	36,54	100,21	98,08	81,50	93,87	55,70	87,64	82,66	63,88	71,58	70,52	71,97	75,19	69,90	56,23	3,13	99,13
T6	80,73	73,43	72,72	50,71	64,88	87,46	24,35	61,62	83,51	67,63	119,78	87,38	45,16	39,82	52,69	71,73	68,44	35,92
T6	94,88	78,91	71,23	96,64	71,57	59,70	90,73	51,36	78,24	58,30	66,24	71,13	81,53	41,61	73,23	63,95	66,50	18,22
Media Trat	73,89	59,29	85,72	70,12	65,95	75,66	54,67	66,59	80,56	63,05	92,17	81,12	66,89	51,89	56,25	61,41	39,17	39,47
Media Gen	103,70	91,82	110,13	97,36	99,36	103,12	88,70	96,30	101,86	100,47	112,07	108,01	96,07	99,63	101,98	107,62	97,61	98,50
SumTauSiCu	1853,89	1571,03	1471,25	2305,45	2428,83	2144,80	2956,78	1744,72	1536,36	2645,42	3217,06	2102,76	2627,07	4811,81	4035,64	6432,21	7208,35	7757,10
CV	0,24	0,25	0,20	0,30	0,29	0,25	0,36	0,25	0,24	0,26	0,29	0,24	0,27	0,35	0,33	0,37	0,42	0,42
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
CME	370,100	314,600	307,800	601,600	556,900	381,800	653,400	336,300	398,800	303,900	652,200	393,500	281,500	488,200	578,700	557,100	510,400	466,900
CV	18,551	19,317	15,931	25,193	23,752	18,948	28,817	19,043	19,605	17,351	22,788	18,366	17,464	22,177	23,588	21,933	23,146	21,938
r	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
t	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000	6,000
phi	1,827	1,825	1,785	1,598	1,705	1,935	1,737	1,860	1,603	2,409	1,813	1,887	2,494	2,563	2,156	2,774	3,068	3,328
Lambda1	20,037	19,975	19,120	15,329	17,445	22,470	18,101	20,752	15,410	34,820	19,731	21,375	37,330	39,425	27,895	46,184	56,492	66,456
Lambda2	20,037	19,975	19,120	15,329	17,445	22,470	18,101	20,752	15,410	34,820	19,731	21,375	37,330	39,425	27,895	46,184	56,492	66,456
Fcal	4,010	4,000	3,820	3,070	3,490	4,490	3,620	4,150	3,080	6,960	3,950	4,270	7,470	7,890	5,580	9,240	11,300	13,290
Eta Cuad	0,527	0,526	0,515	0,460	0,492	0,555	0,501	0,535	0,461	0,659	0,523	0,543	0,675	0,687	0,608	0,720	0,758	0,787
Fcrit	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773	2,773
v1	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000
v2	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000	18,000
beta	0,138	0,139	0,156	0,257	0,196	0,097	0,180	0,125	0,254	0,013	0,144	0,114	0,009	0,006	0,042	0,002	0,000	0,000
pot	0,862	0,861	0,844	0,804	0,743	0,903	0,820	0,875	0,746	0,987	0,886	0,991	0,994	0,958	0,998	1,000	1,000	1,000
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Dr	60,300	49,600	47,500	59,000	63,300	51,700	69,800	52,800	46,500	60,400	64,300	50,700	61,300	74,500	83,200	99,400	108,600	106,900
DrCuad	3380,950	2918,103	1860,312	3672,340	4059,083	2513,534	6191,942	3006,078	2083,919	3613,988	3291,996	2203,441	4071,132	5591,504	6655,670	8531,336	12379,008	11779,106
Dr alus	4808,729	3253,562	2983,891	4603,623	5299,112	3534,897	6443,273	3686,918	2859,576	4824,692	5467,863	3399,473	4969,545	7340,206	9154,662	13066,776	15597,512	15113,014
CvCuad	344,131	373,161	253,786	634,668	564,154	359,037	830,415	362,626	384,353	301,053	519,300	337,311	304,981	491,829	556,415	481,036	535,719	481,261
r	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000	4,000
phi	1,810	1,615	1,563	1,389	1,549	1,528	1,577	1,662	1,344	2,000	1,454	1,476	2,109	1,947	1,997	2,431	2,775	2,856
Lambda1	19,649	15,640	14,660	11,572	14,390	14,002	14,913	16,579	10,844	24,009	12,679	13,065	26,698	22,738	23,923	35,471	46,215	48,951
Lambda2	27,947	17,438	23,515	14,507	18,786	19,691	15,518	20,335	14,880	32,052	21,059	20,156	32,589	29,849	32,906	54,328	58,230	62,806
beta	0,042	0,196	0,083	0,284	0,164	0,145	0,251	0,132	0,271	0,019	0,135	0,020	0,031	0,018	0,000	0,000	0,000	0,000
pot	0,958	0,804	0,917	0,716	0,836	0,855	0,749	0,868	0,729	0,979	0,881	0,865	0,980	0,969	0,982	1,000	1,000	1,000