

Introducción:

Quisiera comenzar esta primera conferencia dándoles una idea bastante breve de lo que es la Unidad de Biometría dentro del CIAT, y del porqué nosotros existimos en un centro de investigación agropecuaria. Luego entraremos en la definición del Método Científico, como la integración de las distintas etapas por las que pasa un investigador, desde la observación crítica de un fenómeno hasta la inferencia de conclusiones. Esto nos llevará a entender mejor la relación que existe entre la pregunta que se hace el investigador y el diseño experimental que debe utilizar para probar su hipótesis. Y por último hablaremos del porque se utiliza la estadística en la investigación.

En la segunda y tercera conferencias estudiaremos los diseños más utilizados en experimentación con yuca y, mediante el uso de ejemplos tomados de experimentos realizados por el Programa de Yuca del CIAT, veremos su utilidad.

El tema de la última conferencia será la aplicación de la estadística en las Pruebas Regionales, realizadas por el Programa de Agronomía de Yuca del CIAT en 1975.

* Estadística Matemática

Papel de la Unidad de Biometría en el CIAT:

La Unidad de Biometría es un grupo central de servicio que presta asesoría en las etapas de planeación, diseño, análisis e interpretación de los resultados relacionados con las distintas investigaciones y experimentos realizados por los programas del CIAT. Estos servicios son sufragados con fondos de la misma Unidad y se suministran sin ningún costo a los programas de investigación y adiestramiento.

Podemos resumir las funciones de Biometría en las siguientes formas:

1. Asesoría estadística en la planeación, diseño, análisis e interpretación de los experimentos.
2. Manejo de grandes volúmenes de información (encuestas socio-económicas y agropecuarias, bancos de germoplasma, creación y mantenimiento de archivos de datos).
3. Desarrollo de proyectos de investigación cooperativos con otros programas.
4. Evaluación de tecnología (estudio del impacto de nuevas variedades, prácticas culturales, etc. desarrolladas por el CIAT).
5. Investigación sobre la implementación de nuevas técnicas estadísticas.
6. Adiestramiento de profesionales en el campo estadístico.

En lo que concierne específicamente a las actividades cooperativas de Biometría con el Programa de Yuca tenemos: la creación de un modelo matemático de simulación del comportamiento fisiológico de la planta de yuca; la formación y mantenimiento de los archivos de encuestas agro-económicas hechas a productores de yuca en Colombia y Ecuador para análisis y referencia; análisis estadístico de los resultados de las Pruebas Regionales; formación del banco de germoplasma de yuca, compendio de las características morfológicas, agronómicas y genéticas de 1855 variedades

de yuca (Manihot esculenta, Krantz). Está en proceso la incorporación de datos de reacción a plagas y enfermedades, Además se están adelantando en la actualidad dos proyectos cooperativos: el estudio de estabilidad de variedades en base a los datos de las Pruebas Regionales 1975; y la creación de un modelo matemático que describe el desarrollo del gusano cachón, bajo el control biológico de las avispas polistes canadensis (predator) y Trichograma s.pp. (parásito).

El Método Científico:

El conjunto de las etapas lógicas que sigue un investigador para llegar a inferir algo a partir de la observación crítica de un fenómeno es en sí la metodología científica. Podemos decir que el método científico es la aplicación de la lógica y la objetividad al mejor entendimiento del fenómeno. Su característica esencial es que partiendo de una observación crítica llegue a formular hipótesis que puedan ser probadas experimentalmente.

La palabra "experimento" es básica en la metodología científica, ya que cualquier pregunta cuya respuesta no haya sido obtenida a través de observaciones planificadas no va a formar la esencia real de la ciencia. Podemos describir el proceso que sigue el método científico así:

1. Observación del fenómeno: Consiste en observar de una manera crítica el fenómeno sin que esto nos permita llegar a una conclusión: Ej.: En un terreno sembrado con una misma variedad de yuca se observa que en determinadas áreas las plantas se ven raquíticas mientras que en otras el cultivo se ve vigoroso.
2. Planteamiento del problema: Esta observación del fenómeno con lleva al planteamiento de un problema cuya solución debe ser la meta del investigador. En nuestro ejemplo anterior, el problema podría plantearse como: la producción de yuca en ese terreno es susceptible de mejorarse.
3. Establecimiento de las hipótesis: Muchas son las hipótesis

que el investigador se puede plantear sobre las posibles causas que producen el fenómeno observado. Lo importante es formular hipótesis relevantes al problema y que sean verificables experimentalmente. Siguiendo nuestro ejemplo, una hipótesis puede ser:

H_1 : La deficiencia de Nitrógeno en el suelo produce falta de vigor en la planta de yuca.

4. Verificación objetiva de las hipótesis: Se lleva a cabo efectuando un experimento. En él el investigador trata de controlar todos los factores, con excepción de aquellos cuyo efecto desea medir. Sin embargo existen factores imposibles de ser controlados*, como las variables climatológicas por ej.: que constituyen el "error experimental". Si se deseara probar la hipótesis H_1 de nuestro ejemplo anterior, una forma de verificarla objetivamente sería ensayar distintos niveles fijos de Nitrógeno y observar el comportamiento de la planta manteniendo los otros factores constantes (contenido de otros minerales en el suelo, riego, etc.)

5. Diseño del experimento: Es el patrón que indica la forma como se deben aplicar los tratamientos a las unidades experimentales.^{1/} Al escoger un diseño experimental se hace análisis en seleccionar aquel que minimice las variaciones no controlables por el experimentador, es decir la varianza del error experimental. El tipo de diseño a utilizar depende de las hipótesis que se desean probar simultáneamente. Entre mayor sea el número de hipótesis más refinado será el diseño experimental a utilizar.

* o que sería muy costoso controlarlos.

^{1/} Unidad experimental es la unidad mínima a la cual se aplica un tratamiento dado.

6. Ejecución del experimento: El experimento debe llevarse a cabo siguiendo el diseño experimental planeado. En términos generales las recomendaciones básicas para un buen manejo de experimentos en yuca son: Uniformidad en la aplicación del riego, en la densidad de población, en las aplicaciones de insecticidas y fungicidas, siempre y cuando éstos no sean los factores de interés para el investigador.

7. Análisis e interpretación de resultados: El análisis de los resultados que arroje un experimento tiene por objeto probar mediante métodos estadísticos las hipótesis planteadas por el investigador. La técnica estadística a utilizar depende del tipo de datos que se colecten. Si se trata de datos continuos, como rendimiento (Kg/Ha), temperaturas, etc. ó de datos discretos que puedan transformarse en continuos por Ej. conteos, el análisis estadístico se efectúa mediante técnicas para métricas. Si se desea analizar datos que indican una clasificación, es decir datos de tipo nominal (Ej. clases A,B,C), ordinal (Ej. clasificación en bueno, regular, malo) o de intervalo (Ej. calificaciones en escala 1,2,3,4, ó 5), el análisis estadístico se efectúa mediante técnicas no-paramétricas.

Utilidad de la estadística en la investigación:

Existen dos tipos de experimentos: Los determinísticos y los aleatorios. Un experimento determinístico es aquel cuyo resultado es exacto; por Ej.: los experimentos físicos. Un experimento aleatorio es aquel cuyo resultado está sujeto a variaciones no controlables por el experimentador. Tales son los experimentos biológicos. Es por esto que la verificación de una teoría mediante experimentos aleatorios no puede ser absoluta. El investigador sólo puede demostrar que las observaciones son compatibles con la teoría, dentro de los límites de error a los cuales las mismas observaciones están sometidas.

El papel de la estadística consiste en proporcionar métodos que permitan distinguir entre, si la variabilidad observada se debe tan so lo al azar o si se puede atribuir al tratamiento que estamos probando y así obtener conclusiones a partir de experimentos aleatorios, con un margen de error conocido.

Tipos de error: Dos tipos de error se pueden cometer en este proceso:

Error de tipo I: Rechazar una hipótesis cierta

Error de tipo II: Aceptar una hipótesis falsa

Debido a que los métodos estadísticos existentes nos permiten re-chazar una hipótesis planteada, pero nunca aceptarla, el deseo del experimentador es minimizar la probabilidad de rechazar una hipótesis cierta, es decir, de cometer error de tipo I, para niveles dados de β y N , (N = tamaño de la muestra).

Usualmente se denota

α

= Probabilidad de cometer error tipo I, y

β

= Probabilidad de cometer error tipo II.

El valor de α es lo que se conoce como "nivel de significación de una prueba estadística y se fija de antemano." $1 - \alpha$ indica el "nivel de confianza". $1 - \beta$ la "potencia de la prueba". Los valores de α más utilizados son 5% y 1%, que le garantizan al experimentador una seguridad en sus conclusiones del 95 y del 99% respectivamente.

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON YUCA

Que es el diseño experimental:

Por diseño experimental se entiende el conjunto de reglas que indican cómo asignar los tratamientos a las parcelas experimentales. Un diseño bien hecho permite efectuar comparaciones válidas entre tratamientos, y controlar la principal fuente de variación que presentan

los experimentos de campo: la heterogeneidad del suelo. Un buen diseño debe incluir tres aspectos importantes: Aleatorización en la aplicación de los tratamientos adecuado número de replicaciones y máximo control del error experimental.

Escogencia del diseño:

El mejor tipo de diseño para un experimento dado depende de: La magnitud de la heterogeneidad del suelo en el área experimental, el tipo y número de tratamientos que se deseen probar y el grado de precisión deseado.

Diseños más utilizados en experimentación con yuca:

Los diseños más comunmente usados en experimentos de campo en yuca son:

- Completamente al azar (para uno o varios factores)
- Bloques completos al azar (para uno o varios factores)
- Parcelas divididas
- Diseños sistemáticos

Vamos a describir muy brevemente como y cuando usar cada uno de estos diseños. Presentamos algunos ejemplos ilustrando su uso.

Diseño completamente al azar:

- Se usa cuando las unidades experimentales son completamente homogéneas.
- Con el se puede probar cualquier número de tratamientos (ya sea un factor o varios niveles o combinaciones de distintos factores).
- Los tratamientos se aplican a las unidades experimentales al azar.
- Cualquier número de repeticiones es posible.

Ejemplo: Se desea comparar el efecto de tres formas distintas de siem-

bra de la estaca sobre el rendimiento de la yuca: siembra hori-
zontal, vertical e inclinada. El terreno disponible para la
siembra es perfectamente homogéneo. Entonces, como deseamos
comparar tres tratamientos, debemos dividir el terreno en 3,6,
9,12,15, etc. parcelas (unidades experimentales) dependiendo
de que el máximo número posible de replicaciones sea 1,2,3,4,5,
etc. respectivamente. Si, por ejemplo, por restricciones en el
área disponible, el máximo posible de replicaciones es 2, el
terreno quedará dividido en 6 unidades experimentales iguales
y cada tratamiento se aplicará a dos de ellas al azar. Una for-
ma de disposición de tratamientos en el campo, se muestra en
el cuadro siguiente. La variable a observar sería el rendimien-
to por parcela, medido como peso fresco de raíces en Ton/Ha.

T E R R E N O

EH	EI	EV
EV	EH	EI

EH= Se siembra la estaca en forma ho-
rizontal

EV= Se siembra la estaca en forma ver-
tical

EI= Se siembra la estaca en forma in-
clinada

Diseño en Bloques completos al azar:

- Se utiliza cuando el terreno presenta un gradiente en una sola di-
rección, lo cual permite dividirlo en "Bloques" tan homogéneos co-
mo sea posible. Por ej.: gradientes de fertilidad, acidez, decli-
ve del terreno en una dirección definida, sugieren el uso de un
diseño en Bloques Completos al Azar.
- Cada bloque debe contener todos los tratamientos, los cuales de-
ben ser aplicados a las unidades experimentales al azar.

- Es adecuado para probar un número relativamente pequeño de tratamientos (menor de 12 según Kempthorne, menor de 10 según Gómez, K. A.) 1/. Los tratamientos pueden corresponder a distintos niveles de un factor o a combinaciones de varios factores.
- Permite cualquier número de replicaciones.

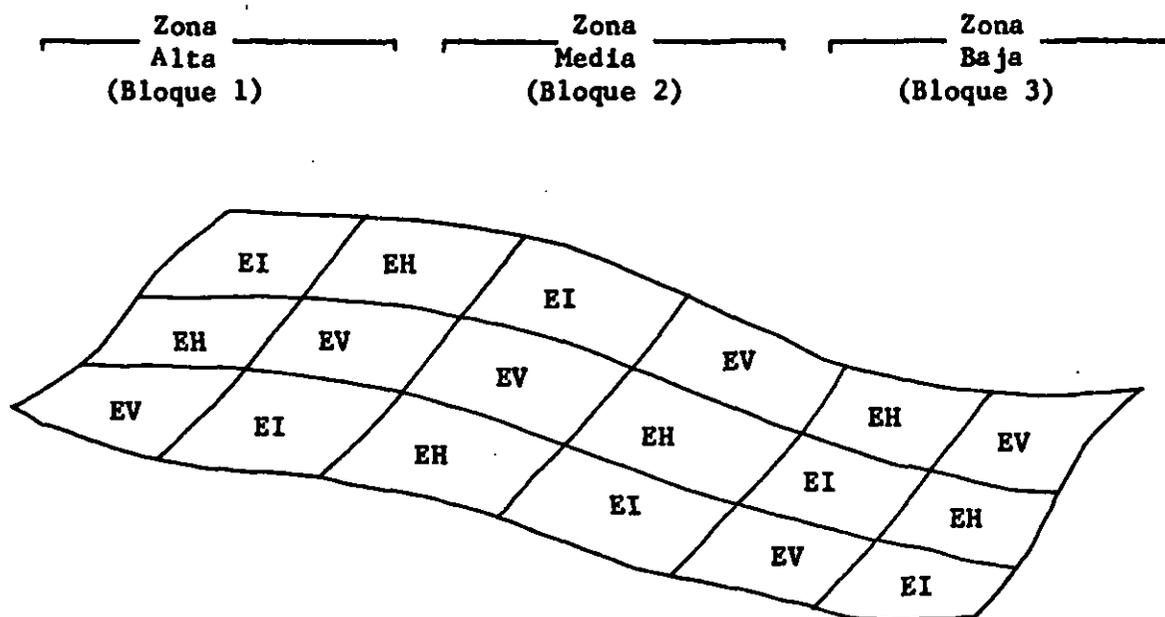
Para una adecuada utilización de este diseño, se requiere que la variación entre bloques sea lo más grande posible y la variación dentro de bloque sea mínima.

Ejemplo: Siguiendo el ejemplo anterior, supongamos que se desea comparar las tres formas de siembra de la estaca, pero el terreno de que se dispone para efectuar el experimento no es homogéneo; presenta una pendiente bastante marcada, siendo la parte baja más húmeda que la parte alta.

En este caso, lo aconsejable es dividir el terreno en " bloques": ALTO, MEDIO y BAJO, por ejemplo, y probar los tres métodos de siembra de la estaca en cada bloque, disponiéndolos al azar so bre las parcelas. La forma física del terreno, y una disposición de los tratamientos utilizando dos replicaciones, se ve en la gráfica a continuación:

1/ Cuando el número de tratamientos excede a 10 ó 12, el diseño aconsejado es el de Látiçes. No vamos a hacer especial mención de él aquí debido a que por problemas de manejo no es muy utilizado en experimentos con yuca.

DISPOSICION DE LOS TRATAMIENTOS SOBRE EL TERRENO



EH = La estaca se siembra en forma horizontal

EV = La estaca se siembra en forma vertical

EI = La estaca se siembra en forma inclinada

Diseño en Parcelas Divididas y Sub-divididas:

Forman parte de los diseños en "bloques incompletos", que como su nombre lo indica se utilizan en casos cuando, por falta de espacio, o problemas de manejo mismo del experimento, no se pueden aplicar todos los tratamientos a cada bloque. Tal es el caso de experimento en donde el factor "riego" es uno de los que se desea medir; es entonces aconsejable separar las parcelas que deben recibir riego de las que no.

El diseño en parcelas divididas se usa cuando:

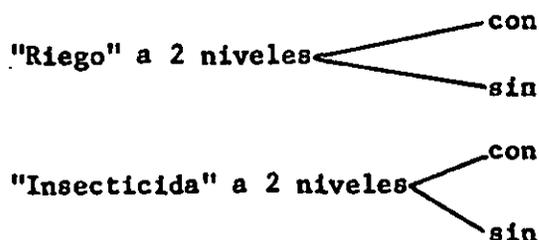
1. Se desea estudiar el efecto de dos factores, uno de los cuales es menos importante que el otro.

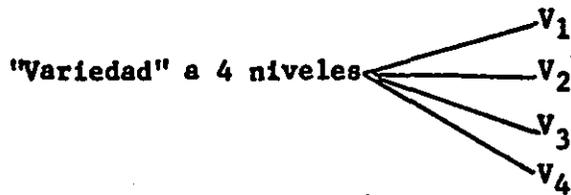
2. El factor menos importante se asigna a parcelas denominadas "parcelas principales". El otro factor se aplica a las "sub-parcelas". Cada parcela principal contiene todas las sub-parcelas.
3. Es necesario utilizar por lo menos dos replicaciones. De lo contrario el análisis estadístico del diseño es imposible de efectuar.

El diseño en Parcelas Sub-divididas se usa cuando:

- Se desea estudiar el efecto de tres factores, uno de los cuales es menos importante que los otros dos.
- El factor menos importante se asigna a las "Parcelas principales". Los otros dos factores se asignan a las sub-parcelas y a las sub-sub-parcelas respectivamente. Cada parcela principal debe contener todas las sub-parcelas y cada sub-parcela a su vez todas las sub-sub-parcelas.
- Es necesario utilizar por lo menos dos replicaciones, como en el caso del diseño en Parcelas divididas, para efectos de la validez de las comparaciones.

Ejemplo: "Efecto del Thrips en la producción de yuca". Se desea ver el efecto que tiene la plaga Thrips sobre la producción de 4 variedades de yuca, con y sin la aplicación de insecticida, con y sin riego. En este caso, los factores cuyo efecto sobre la producción se desea medir son tres:





Entonces, para efectos de mantener separadas las parcelas que reciben riego de las que no, se dividió el terreno en dos parcelas principales y se asignó a ellas el factor "Riego". Cada parcela principal se dividió en dos sub-parcelas (niveles de insecticida) y en cada sub-parcela se sembraron las cuatro variedades. Se utilizaron dos replicaciones en el experimento.

En esta forma, la disposición de los factores sobre el terreno quedó como muestra la gráfica:

Replicación No. 1

Parcela principal 1
con riego

Parcela principal 2
sin riego

Con insecticida Sin insecticida

Con insecticida Sin insecticida

V ₂	V ₁
V ₄	V ₃
V ₁	V ₂
V ₃	V ₄

V ₂	V ₃
V ₄	V ₁
V ₃	V ₂
V ₁	V ₄

Replicación No.2

Parcela principal 1
sin riego

Parcela principal 2
con riego

Sin insecticida Con insecticida

Con insecticida Sin insecticida

V ₂	V ₃
V ₁	V ₂
V ₃	V ₁
V ₄	V ₄

V ₃	V ₁
V ₁	V ₃
V ₄	V ₂
V ₂	V ₄

DISEÑOS MAS UTILIZADOS EN EXPERIMENTACION CON YUCA (cont.)

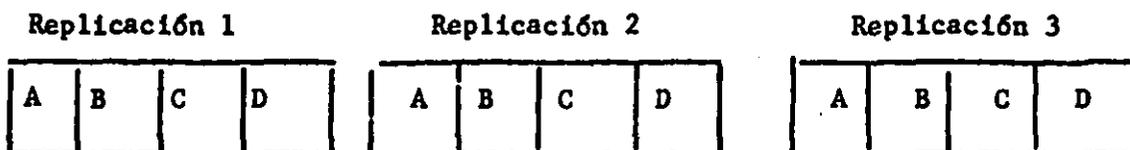
Diseños Sistemáticos:

Los diseños experimentales pueden dividirse en dos grupos: aleatorios y sistemáticos. Los diseños que hasta ahora hemos tratado son aleatorios y se caracterizan porque la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales se hace en una forma perfectamente al azar.

En contraposición con ellos se encuentran los diseños sistemáticos, en los cuales la asignación de tratamientos a las unidades experimentales se efectúa en forma ordenada o sistemática. El objetivo de este tipo de diseños es permitirle al investigador observar una respuesta continua al tratamiento. Por ejemplo, si se desea estudiar la respuesta de una variedad de yuca al nitrógeno, se puede diseñar un experimento que consista en administrar distintas dosis de N al suelo en forma creciente y medir el rendimiento de la (o las) plantas que reciban al respectivo tratamiento.

Antes del desarrollo del diseño experimental moderno, esto es,

antes de que Fisher introdujera el principio de aleatorización en la asignación de tratamientos a las parcelas experimentales, un ordenamiento sistemático de los tratamientos en cada replicación parecía muy natural. Uno de los tipos más comunes de arreglo sistemático es aquel en el cual el ordenamiento de los tratamientos es exactamente el mismo en cualquiera de las replicaciones, como se aprecia en la gráfica.



Muchos otros diseños sistemáticos han sido desarrollados; sin embargo, todos presentan relativamente las mismas desventajas con respecto a los diseños aleatorios, y son:

1. Las diferencias detectadas entre tratamientos pueden contener un error sistemático debido a la correlación entre parcelas adyacentes.
2. No son eficientes cuando el área experimental es muy heterogénea pues no permiten un estimativo válido de la varianza.

Las ventajas son:

1. Simplicidad
2. Permiten un ordenamiento de los tratamientos. Por ejemplo, las variedades pueden ordenarse según su madurez, los fertilizantes en orden de su eficacia, etc.
3. La respuesta al tratamiento se puede apreciar en forma continua.

Entre los diseños sistemáticos, los más utilizados para experimentación en yuca en el CIAT son:

1. Superficies de respuesta
2. Diseño de abanico
3. Diseño en surcos paralelos.

Superficie de Respuesta:

Cuando se desea estudiar el efecto de uno o más factores $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ que representen variables continuas, como tiempo, cantidad de nitrógeno, temperatura, etc. es natural pensar en los rendimientos, o respuestas y , como una función de los niveles de estas variables. Esto es:

$$y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) + \epsilon$$

donde ϵ representa el error experimental.

La función f se denomina "superficie de respuesta".

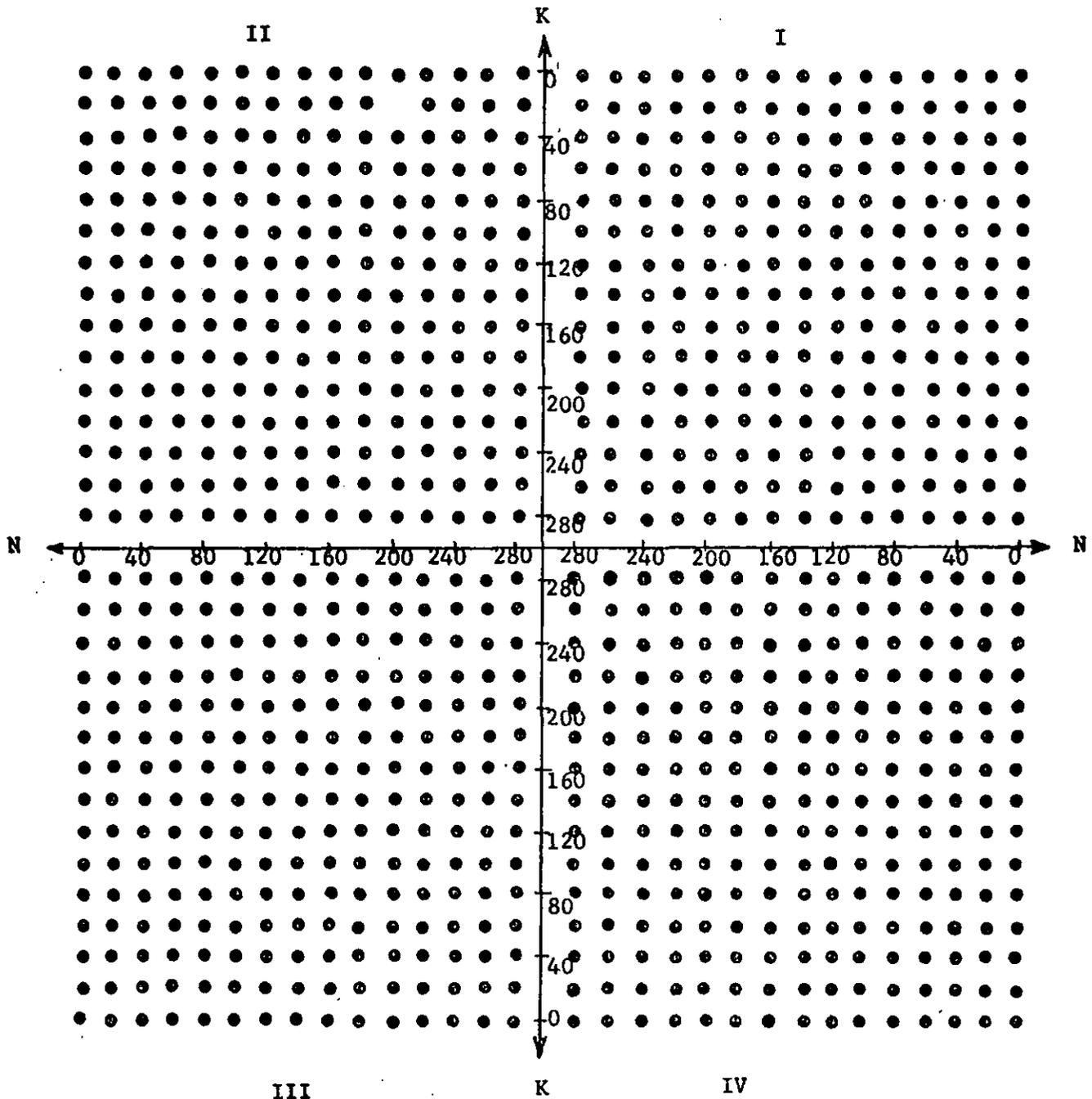
Un conocimiento de f da un resumen completo de los resultados del experimento y permite predecir las respuestas para determinados valores de los factores x_i .

Ejemplo: "Efecto de N y K sobre el rendimiento de la planta de Yuca".

Se desea medir el efecto de 16 niveles de nitrógeno: 0, 20, 40, 60, 80, ..., 300 gr/planta y 16 niveles de potasio: 0, 20, 40, 60, ..., 300 gr/planta sobre el rendimiento de una variedad de yuca (medida en peso fresco de raíces). Las observaciones se hacen sobre plantas individuales.

Se sembraron las plantas a una distancia de 80 cm y se aplicaron los niveles de N y K en la forma que muestra la gráfica, de tal manera que cada planta estuviera expuesta a una determinada combinación de NxK. Cada cuadrante corresponde a una replicación. El número de tratamientos por replicación, que corresponde al número de plantas, es de $16 \times 16 = 256$.

Diseño sistemático N x K en yuca en 4 replicaciones



Cada cuadrante representa una replicación completa del diseño con 256 plantas por replicación. Cada punto es una planta individual y recibe una de las 256 combinaciones de Nitrógeno por Potasio.

La respuesta de la yuca al N y al K se puede expresar mediante la siguiente superficie de respuesta:

$$Y_{ij} = a_0 + a_1 N_i + a_2 K_j + a_3 N_i K_j + a_4 N_i^2 + a_5 K_j^2 + \epsilon_{ij}$$

Rendimiento de la planta con nivel i de N y nivel j de K.

que mide el efecto tanto lineal como cuadrático de N y de K y el de la interacción $N \times K$ y corresponde a un modelo de regresión cuadrática.

Diseños en Abanico y Surcos Paralelos^{1/}

Estos dos diseños se usan básicamente para medir el rendimiento de distintas variedades bajo un amplio rango de densidades de población. El número de plantas por unidad de área varía sistemáticamente de una parcela a otra, pero el arreglo de las plantas se mantiene constante. Cualquier rango de densidades puede ser probado.

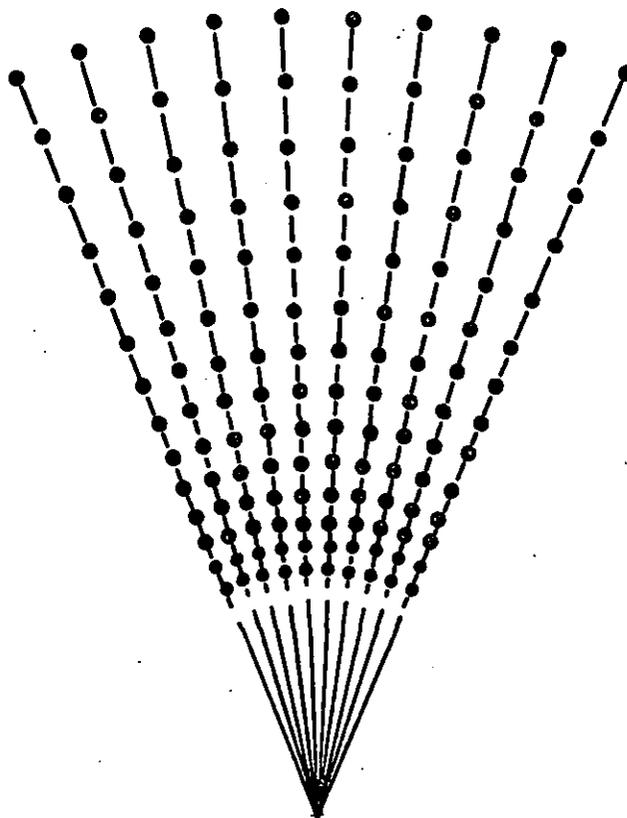
En las gráficas que aparecen a continuación se puede apreciar la disposición de las plantas en el campo bajo el diseño en Abanico y de Surcos Paralelos respectivamente, para una sola variedad.

^{1/}

Bleasdale, J.K.A. "Systematic designs for spacing experiments".
Experimental Agriculture. Agosto 12 de 1966.

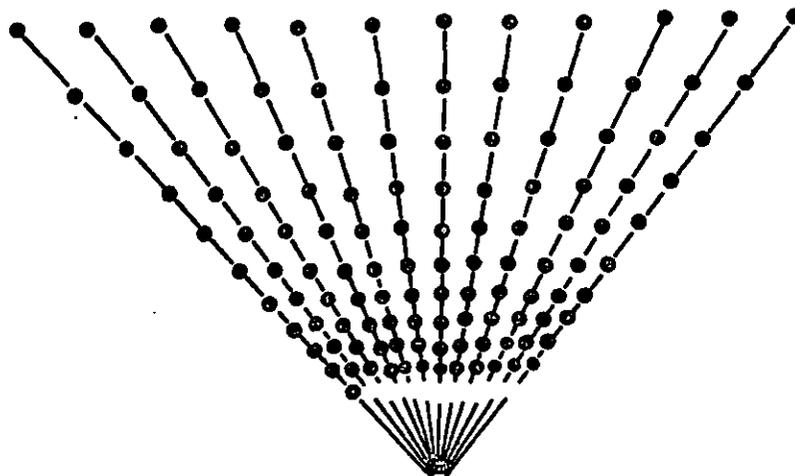
Disposición de las plantas en un diseño de abanico para probar 14

densidades



Disposición de las plantas en un diseño de surcos paralelos para probar

10 densidades



En el diseño de abanico, las plantas se siembran en filas que irradian de un punto central, de tal manera que la distancia entre plantas a lo largo de un radio sea aproximadamente igual a la distancia entre los radios, en ese punto. Cada arco corresponde a un distinto nivel de densidad de población. Cuando se desea probar más de una variedad se repite este arreglo en otra sección circular, manteniendo entre dos variedades contiguas "plantas de borde" o un espaciamiento adecuado a lo largo de los radios laterales.

Para medir la respuesta del rendimiento a las distintas densidades de población, se puede ajustar una función,

$$R_{ij} = f(D_j)$$

Rendimiento de la i-ésima planta sembrada bajo densidad j

Nivel j-ésimo de densidad.

que puede ser, o no, lineal y encontrar cuál es la densidad que produce el máximo rendimiento.

En el diseño de Surcos Paralelos, cada fila corresponde a un distinto nivel de densidad de población. El número de plantas por fila se mantiene constante, pero la distancia entre filas varía de forma sistemática.

La forma de análisis es similar a la utilizada en el caso del diseño de abanico:

LA ESTADÍSTICA EN LA PRUEBAS REGIONALES DE LA YUCA

Es nuestro deseo presentar en esta última conferencia la aplicación de algunos conceptos estadísticos a un caso concreto: análisis de los datos de rendimiento obtenidos en las Pruebas Regionales 1975, realizadas por el Programa de Agronomía de Yuca del CIAT. El propósito prin

cipal de las Pruebas Regionales es probar las variedades mejoradas bajo diferentes condiciones ecológicas y así poder recomendar genotipos estables.

Mencionaremos sólo la parte del análisis estadístico tendiente a medir, en cuanto a rendimiento varietal, si existen o no diferencias entre las distintas localidades, entre las variedades a través de localidades y entre las diferentes variedades dentro de cada localidad.

Descripción de la información:

Las pruebas regionales de 1975 se efectuaron en 13 localidades de Colombia. En cada localidad se probó un grupo de variedades comunes a todos los sitios, otro grupo de variedades propias de la región, o variedades "control" y un tercer grupo de variedades comunes sólo a algunos sitios (ver tabla 1).

En todas las localidades, con excepción de Carimagua, se sembraron 8 variedades comunes que fueron: MCOL-22, MCOL-113, NMEX-23, CMC-84, CMC-40, NMEX-59, CMC-9, CMC-76.

Cuatro tipos de variables se midieron en cada localidad:

Variables ecológicas: (altura sobre el nivel del mar, temperatura, precipitación, humedad relativa), Variables de suelo: (ph,p,k, etc.), Variables de respuesta de la planta de yuca (rendimiento de raíces (peso fresco), rendimiento de materia seca, índice de cosecha, diámetro y número de raíces por planta, etc) y por último, índices de daño causado por plagas y enfermedades (Thrips, bacteriosis, superalargamiento, etc.).

Las variables ecológicas y de suelo permiten caracterizar cada uno de los sitios como ambientes biológicamente diferentes.

Para efectos de nuestro tema de hoy, trataremos únicamente el análisis de la variable Rendimiento de raíces (peso fresco, en Kg/ha), en

TABLA 1 : Localidades en las cuales se realizaron las Pruebas Regionales de Yuca 1975. Número de variedades probadas, por localidad.

Localidad		Número total de variedades	Número de variedades de control	Otras variedades	Número de variedades comunes a todos los sitios
Carimagua	(Dpto del Meta)	10	2	4	4
Rionegro	(Dpto de Santander)	12	2	2	8
Nataima	(Dpto del Tolima)	10	2	0	8
La Zapata	(Dpto del Valle)	10	1	1	8
Caicedonia	(Dpto del Quindío)	9	1	0	8
Media Luna	(Dpto del Magdalena)	12	2	2	8
El Nus	(Dpto de Antioquia)	9	1	0	8
CIAT- Palmira	(Dpto del Valle)	11	1	2	8
Pereira	(Dpto de Risaralda)	9	1	2	8
Popayán	(Dpto del Cauca)	10	1	1	8
La Libertad	(Dpto del Meta)	9	1	0	8
El Darién	(Dpto del Valle)	9	1	0	8
Florencia	(Int. del Caquetá)	10	2	0	8

las localidades en las cuales se probaron las ocho variedades comunes, en cuatro replicaciones. Por esto, omitiremos las localidades de Carimagua, La Libertad, el Darién y Florencia.

Nuestra información consiste entonces en los datos de rendimiento de 8 variedades sembradas en 10 distintas localidades.

Diseño Experimental:

En cada localidad se utilizó un diseño en Bloques Completos al Azar con 4 bloques, cada uno conteniendo todas las variedades.

Se utilizaron como unidades experimentales parcelas de 64 m² de área total y 36 m² de área cosechable.

Análisis estadístico:

Con el propósito de cumplir con los siguientes objetivos:

- Comparar las ocho variedades con respecto a su rendimiento en cada sitio.
- Comparación de las ocho variedades a través de sitios.
- Comparación de los distintos sitios.

se realizaron los siguientes análisis estadísticos:

- 1) Análisis de Varianza individual por sitio, para la variable rendimiento de raíces (peso fresco en Kg/ha), según el diseño en Bloques Completos al Azar mencionado antes.

La tabla del análisis de Varianza con la distribución de grados de libertad para cada sitio se muestra a continuación:

Fuentes de Variación	g. l.
Bloque	3
Variedad	7
Error	21
<hr/> Total	<hr/> 31

Número de bloques : 4
 Número de variedades: 8
 Número total de unidades experimentales: 32

De los análisis individuales por localidad se obtuvo el conjunto de resultados que muestra la Tabla 2 en cuanto a promedio total, cuadrado medio del error, desviación estandar, coeficiente de variación y diferencia mínima significativa entre variedades al 5% y al 1% de significación para la variable rendimiento de raíces (medida como peso fresco de raíces en Kg/ha.).

Los rendimientos promedio de variedades por localidad se presentan en la Tabla 3. La presencia de uno ó dos asteriscos (*), significa que las diferencias detectadas entre variedades son significativas al 5% ó al 1% respectivamente, en ese sitio en particular.

- ii) Análisis de Varianza combinado para todas las localidades. Con el objeto de realizar comparaciones entre localidades, entre variedades a través de localidades y ver si existía interacción variedad x localidad, se realizó un análisis combinado según la distribución de fuentes de variación y grados de libertad que muestra la siguiente tabla.

<u>Fuente de Variación</u>	<u>g.l.</u>
Localidad	9
Variedad	7
Localidad x Variedad	63
Bloque (dentro de localidad)	30
Error	210
<u>Total</u>	<u>319</u>

TABLA 2: Pruebas Regionales de Yuca 1975. Promedio, Cuadrado medio del error (CME), Desviación estandar (D. E.), Coeficiente de variación (C.V.) y Diferencia mínima significativa (DMS) entre variedades (al 5% y al 1%) para cada Localidad con respecto a la variable Rendimiento de Raíces (peso fresco en Kg/Ha).

LOCALIDAD	RENDIMIENTO PROMEDIO (Ton/Ha)	CME	D.E.	C.V. (%)	DMS al 5%	DMS al 1%
Río Negro	24.13	8.15	2.85	11.83	4.20	5.72
Nataima	31.26	18.50	4.30	13.76	6.33	8.61
La Zapata	25.92	25.41	5.04	19.44	7.41	10.09
Caicedonia	31.86	21.60	4.64	14.58	6.83	9.30
329 Media Luna	18.75	17.87	4.22	22.54	6.22	8.46
El Nus	14.75	51.57	7.18	48.70	10.56	14.38
CIAT	33.66	36.97	6.08	18.06	8.94	12.17
Pereira	15.76	14.26	3.77	23.96	5.55	7.56
Popayán	1.70	0.41	0.64	37.70	0.94	1.28
Darién	2.09	1.63	1.27	61.03	1.88	2.56
SOBRE TODAS LAS LOCALIDADES	19.99	19.63	4.43	22.17	2.18	2.88

TABLA 3 : Pruebas Regionales de Yuca 1975. Rendimiento promedio de las ocho variedades comunes en cada uno de los sitios (medido como peso fresco de raíces en Ton/Ha). Valores de la diferencia mínima significativa (DMS) al 5% y al 1% para cada sitio.

VARIEDAD	Río Negro	Nataima	La Zapata	Caicedonia	Media Luna	El Nus	CIAT	Pereira	Popayán	Darién
1. MCOL-22	19.89	34.57	20.06	27.79	22.37	13.60	37.90	8.87	0.31	0.01
2. MCOL-113	22.97	23.85	38.95	31.22	13.46	15.65	24.38	20.78	5.09	2.53
3. MMEX-23	14.56	24.55	35.63	39.66	11.88	4.52	33.40	17.01	1.00	0.97
4. CMC-84	26.09	33.65	26.61	27.18	17.88	26.68	39.53	18.11	1.01	3.96
5. CMC-40	28.67	45.32	18.38	32.01	29.35	15.00	39.51	16.70	3.82	5.33
6. MMEX-59	34.73	43.62	29.25	40.09	28.76	14.64	30.39	10.54	0.93	2.36
7. CMC-9	20.26	17.78	20.75	24.50	8.05	7.83	29.58	13.19	0.87	0.14
8. CMC-76	25.87	26.74	17.73	32.47	18.26	20.05	34.60	20.88	0.58	1.43
	**	**	**	**	**	*	*	**	**	**
DMS al 5% (Ton/ Ha)	4.20	6.33	7.41	6.83	6.22	10.56	8.94	5.55	0.94	1.88
DMS al 1% (Ton/ Ha)	9.72	8.61	10.09	9.30	8.46	14.38	12.17	7.56	1.28	2.56

* : Para esa localidad existen diferencias significativas al 5% entre los rendimientos promedio de las variedades

** : Para esa localidad existen diferencias significativas al 1% entre los rendimientos promedio de las variedades

Número de Localidades = 10
Número de Variedades = 8
Número de bloques por localidad = 4
Número total de unidades experimentales por Localidad = 32
Número total de unidades experimentales = 320

De este análisis combinado se obtuvo la información que muestra la Tabla 2 en su parte inferior sobre el rendimiento promedio a través de todas las localidades, CME, DE, CV, y DMS al 5% y al 1%.

Las variedades ordenadas según su rendimiento promedio sobre todos los sitios aparecen en la Tabla 4. La presencia de uno ó dos asteriscos (*) indica que las diferencias entre variedades son significativas a niveles de significación del 5% ó del 1% respectivamente.

TABLA 4 : Pruebas Regionales de Yuca 1975. Variedades ordenadas según su rendimiento sobre todos los sitios (medido como peso fresco de raíces, en Ton/Ha). Diferencia mínima significativa (DMS) al 5% y al 1%.

VARIEDAD		RENDIMIENTO PROMEDIO GLOBAL (Ton/Ha)
6.	MEX-59	23.53
5.	CMC -40	23.40
4.	CMC -84	22.07
2.	COL-113	19.88
8.	CMC -76	19.86
1.	COL-22	18.53
3.	MEX-23	18.31
7.	CMC - 9	14.29 **
DMS al 5% (en Ton/Ha)		2.18
DMS al 1% (en Ton/Ha)		2.88

** Las diferencias entre variedades son significativas al 1%

Referencias

1. Federer, Walter T. "Experimental Design". New York, The MacMillan Company, 1955.
2. Cochran, William G. y Cox, Gertrude M. "Diseños Experimentales" Editorial Trillas. México, 1974.
3. Siegel, Sidney. "Non parametric Statistics for the behavioral Sciences". McGraw-Hill Book Co. Inc. 1956.
4. Gómez, Kwanchai A. "Techniques for field experiments with Rice". IRRI, 1972.
5. Amézquita, M.C. "Nociones básicas sobre el Diseño y Análisis de experimentos". Material interno, no publicado. Unidad de Biometría, CIAT, 1975.

PLANEACION DEL CULTIVO DE LA YUCA

Julio César Toro M.*
Ernesto Celis A. **

El cultivo de la yuca como cualquier otro tiene etapas críticas tanto en el aspecto fisiológico como también desde el punto de vista fitosanitario y de necesidad de insumos.

Es deseable tener una visión más o menos clara de los problemas que se pueden presentar y de las necesidades del cultivo ajustadas al manejo que se quiere o se le puede dar de acuerdo al presupuesto disponible. El primer problema con que se encuentra un agricultor que quiere sembrar yuca por primera vez o que quiera, ya sea cambiar de variedad ó aumentar el área sembrada sin tener suficientes estacas, es precisamente la consecución del material de siembra, ya que este no se encuentra con la facilidad con que se hallan y conservan semillas de frijol y maíz por ejemplo.

Un aspecto importante es el espacio que ocupa la semilla para transportarla. Un camión de nueve toneladas de capacidad ($25m^3$), transportaría alrededor de 50.000 estacas de más o menos 20 cm de largo y de 2 a 3 cm de diámetro si el material está sin cortar o sea tallos enteros. Si el material está ya cortado en estacas, es recomendable empacarlo en costales de más o menos 500 estacas cada uno. En este caso se aumenta la capacidad a más o menos 4.000 estacas por metro cúbico, ya que no sólo se aprovecha mejor el espacio sino que se eliminan tallos o trozos de tallo inservibles.

Con una idea clara de lo que cuesta producir yuca, no sólo en términos de dinero sino de unidades físicas discriminadas por labores, se tendrá una herramienta muy útil en la planeación de un cultivo de yuca. Con esto se conocen las necesidades de capital, mano de obra y otros insumos, además del flujo de estos durante el proceso de producción,

* Agrónomo

** Ing. Agrónomo, Asistente de Inv,