

PN-111 228
100-28137

107

Tecnicas de Muestreo para la Medicion y Pronosticacion de los Rendimientos de los Cultivos



 **ECONOMICS, STATISTICS, AND
COOPERATIVES SERVICE**

**U.S. DEPARTMENT
OF AGRICULTURE**

**ESCS
No. 9-5**

TECNICAS DE MUESTREO
PARA
LA MEDICION Y PRONOSTICACION
DE LOS
RENDIMIENTOS DE LOS CULTIVOS

Por

Harold F. Huddleston
Estadística

Servicio de Economía, Estadística, y Cooperativas
Departamento de Agricultura
de los EE. UU. de A.

Agosto 1978

AYUDA FINANCIERA PARA LA TRADUCCION DE
ESTA OBRA FUE SUMINISTRADA POR EL PRO-
GRAMA DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DEL
ISTMO CENTROAMERICANO (PIADIC) DEL
INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS
AGRÍCOLAS.

Esta publicacion es traduccion por
Raymond Stadelman de la versión original
SAMPLING TECHNIQUES FOR MEASURING AND
FORECASTING CROP YIELDS, que fue publica-
da en agosto de 1978 por el Departamento
de Agricultura de los Estados Unidos de
América.

PREFACIO

El propósito de este manual es llamar la atención a algunas de las técnicas de muestreo que se utilizan en la estimación de rendimientos de los cultivos. Muchos de los cambios importantes que han ocurrido en las técnicas para medir y pronosticar los rendimientos de los cultivos durante los 30 años pasados han sido introducidos a la práctica, algunos de ellos en países de recursos modestos.

Este manual reúne información sobre la preparación y uso de modelos matemáticos relacionados con el rendimiento de cultivos en un solo documento destinado a los que, sean nacionales o extranjeros, utilizan las estadísticas sobre cultivos. La experiencia durante el suministro de ayuda técnica a otros países ha demostrado que la medición de los rendimientos de los cultivos es muy importante para las decisiones que afectan las importaciones y las exportaciones, además de las recomendaciones para el mejoramiento de técnicas culturales. Frecuentemente se han recomendado técnicas (y algunos países han intentado seguir las) que requieren la existencia de una base histórica de datos que no existe en el país. Como consecuencia, la información sobre rendimiento y producción que se obtiene en estas circunstancias podrá merecer poca confianza durante muchos años, generando poca información verídica sobre cultivos.

En este manual se da mayor énfasis a la pronosticación del rendimiento por hectárea antes de la cosecha del año en curso, puesto que los problemas de manejo y mercadeo del cultivo requieren tiempo para formular estrategias y planes. Se espera que este documento sirva como base para cursos de capacitación, además de ser un manual de referencia en los países en desarrollo o los que están en el proceso de modificar sus sistemas de datos agrícolas. Sin embargo, hay que enfatizar que este manual no debe usarse como elemento de capacitación sin un instructor o asesor experimentado en el muestreo de cultivos y en el uso de modelos matemáticos para rendimientos. También se supone que los participantes o funcionarios agrícolas hayan recibido o recibirán capacitación en el muestreo y la recolección de datos, puesto que todas las técnicas suponen que se harán inferencias con respecto a un cultivo específico y una población definitiva de unidades.

En la presentación de estas técnicas, emergen tres temas principales: (1) la determinación del rendimiento de la cosecha, (2) la predicción del rendimiento de características de la planta observadas durante la estación de crecimiento, y (3) la predicción del rendimiento de factores ambientales observados durante la estación de crecimiento. El primer capítulo se dedica en gran parte al tema (1), pero este tema también se relaciona con

las discusiones en las secciones 2.3, 2.5.2, 2.7.3, 3.4, 3.5.4, 3.7.8, y 3.8.2. El segundo tema principal se discute y se ilustra en los capítulos 2 y 3, secciones 2.5.3, 2.5.5, 2.6, 2.7, 3.5, 3.6, 3.7, y 3.9. El tercer tema se cubre en los capítulos 2 y 3, secciones 2.4, 2.6, y 3.8.

Habría sido lógica una presentación alternativa de este material por estos tres temas. Sin embargo, las técnicas de pronóstico de rendimientos usadas para grandes áreas geográficas requieren una manera de medir el rendimiento cosechado (o rendimiento final) y conjuntos de datos que sean apropiados para la estimación y verificación de los parámetros de los modelos. Por estas razones se cree que estos temas deben ser entrelazados en vez de considerarse separadamente en el desarrollo de técnicas de pronóstico. Igualmente, la tarea de recolección de datos tiene que combinar o incluir los distintos conceptos para asegurar que se obtengan conjuntos de datos válidos para desarrollar modelos confiables para campos comerciales.

Se espera que los lectores obtengan un mejor entendimiento de la importancia de medir con exactitud los rendimientos en la madurez como un requisito para la pronóstico de rendimiento, la proyección del mismo, y los análisis históricos de la producción agrícola.

CONTENIDO

	Página
CAPÍTULO 1 - RESEÑA DE TÉCNICAS PARA MEDIR RENDIMIENTO	
1.1	1
1.2	2
1.3	9
1.4	14
1.4.1	15
1.4.2	17
CAPÍTULO 2 - MODELOS PARA PRONOSTICAR RENDIMIENTOS BASADOS EN LA RESPUESTA DE LAS PLANTAS	
2.1	19
2.2	20
2.3	24
2.4	31
2.4.1	31
2.4.2	31
2.4.3	39
2.4.4	41
2.5	45
2.5.1	45
2.5.2	46
2.5.3	49
2.5.4	58
2.5.5	65
2.6	79
2.6.1	79
2.6.2	79
2.6.3	85
2.6.4	87

	Página
2.7 Pronosticación de Rendimientos para Pequeñas Áreas Geográficas.....	89
2.7.1 Introducción.....	89
2.7.2 Método para el Muestreo	89
2.7.3 Modelo para la Estimación de Rendimiento.....	90
2.8 Resumen del Modelado de Rendimiento para la Pronosticación.	93
CAPÍTULO 3 - CONCEPTOS SOBRE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA PRONÓSTICOS DE CULTIVOS ESPECÍFICOS	
3.1 Introducción.....	100
3.2 Consideraciones del Diseño de Muestras.....	101
3.2.1 Introducción.....	101
3.2.2 Selección de Explotaciones Agrícolas y Campos.....	101
3.3 Determinación de Áreas de Terreno en Encuestas sobre Rendimiento.....	104
3.3.1 Introducción.....	104
3.3.2 Derivación del Área Neta del Área Bruta Sembrada....	105
3.3.3 Derivación del Área Neta Cuando No Se Conoce el Área Sembrada.....	105
3.4 Rendimientos Derivados de Encuestas de Corte de Muestras...	106
3.5 Pronosticación de Rendimiento del Maíz de las Partes de la Planta.....	110
3.5.1 Lista de Campos con el Cultivo para Unidades de Muestreo por Área.....	114
3.5.2 Selección de Campos de Muestra.....	116
3.5.3 Selección de Unidades dentro del Campo.....	117
3.5.4 Conceptos para la Recolección de Datos de las Parcelitas.....	119
3.5.5 Modelos de Crecimiento de Plantas	128
3.5.6 Pronósticos del Rendimiento del Maíz.....	132
3.5.7 Pronóstico de Rendimiento del Maíz Basado sobre Modelo de Crecimiento "Dentro del Año".....	133
3.6 Modelos para Evaluación de Rendimientos por los Agricultores	135
3.6.1 Introducción.....	135
3.6.2 Rendimiento de Frijoles Secos Basado sobre Evaluaciones de Agricultores.....	139

	Página	
3.7	Pronosticación de Rendimiento de Nuez de Nogal.....	141
3.7.1	Introducción.....	141
3.7.2	Selección de los Lotes y los Arboles.....	141
3.7.3	Medición del Espaciamento de los Arboles.....	142
3.7.4	Selección de la Rama.....	143
3.7.5	Cuenta de las Nueces.....	146
3.7.6	Selección de Submuestras de Nueces para Medición y Pesada.....	149
3.7.7	Mediciones de las Nueces.....	150
3.7.8	Pronóstico Basado sobre Datos de Arboles y de Producción para el Mercado.....	156
3.7.9	Pronóstico Basado sobre Datos Objetivos de Arboles...	158
3.8	Pronosticación de Rendimientos con Datos Históricos de Tiempo y de Cultivos.....	159
3.8.1	Introducción.....	159
3.8.2	Pronóstico del Rendimiento del Maíz.....	159
3.9	Pronosticación de Rendimiento de Cítricos.....	162
3.9.1	Introducción.....	162
3.9.2	Selección de Lotes y Arboles.....	162
3.9.3	Selección de la Rama.....	163
3.9.4	Estadística sobre Caída de Fruta.....	163
3.9.5	Tamaño de la Fruta.....	165
3.9.6	Pronóstico de Cítricos en Florida.....	168
3.9.7	Costos de Reconocimientos Objetivos para Rendimiento, 1967-68.....	170
3.10	Conclusiones.....	170

CAPITULO 1 - RESEÑA DE TECNICAS PARA MEDIR RENDIMIENTO

1.1 Introducción

En años recientes ha habido una renovación de interés en la preparación y uso de modelos matemáticos relacionados con los rendimientos de los cultivos. Esto ha sido el resultado de la gran importancia de los productos alimenticios para hombre y ganado en el suministro de las necesidades de una población mundial creciente, en condiciones de precios inflados y desequilibrios en la oferta. A causa de estas condiciones se ha dado bastante énfasis a la pronosticación de rendimientos y a la adquisición de datos fidedignos sobre la cantidad de la cosecha con el fin de construir modelos. Se ha dado una atención inusitada a aquellas técnicas que utilizan datos secundarios o ambientales que pueden relacionarse a los rendimientos cosechados sobre la base de los datos de años anteriores sin el debido reconocimiento del hecho de que los rendimientos cosechados tienen que medirse como requisito previo. Esta consideración es también importante cuando se enfatiza el pronóstico de rendimientos un año antes de la cosecha. En algunos países en desarrollo no se intenta medir áreas cosechadas y sus rendimientos sobre una base confiable y a tiempo, por falta de recursos. Esta circunstancia puede limitar severamente la selección de modelos que pueden ser utilizados. En otros países los datos de rendimientos cosechados están sujetos a errores moderados al nivel del país y a errores aún mayores dentro de regiones del país. Además, los datos secundarios y ambientales no corresponden a las mismas unidades como los datos de rendimiento, lo que puede conducir a sesgos en los parámetros de modelo que se estiman para el pronóstico o la proyección de rendimiento. Hay que dar mayor atención a este problema del modelado y también a la población que se muestrea con el fin de evaluar y reducir debidamente los errores de pronosticación.

Durante mucho tiempo se creía que la medición exacta de la producción de un cultivo era posible únicamente en el caso de los cultivos que se vendían o se elaboraban enteramente fuera de la explotación agrícola. En general, esto era verdad solamente en el caso de relativamente pocos cultivos en aquellos países dotados de medios modernos y altamente organizados de manejar y elaborar los productos. Sin embargo, el desarrollo y uso de la teoría de muestreo durante los últimos 35 años ha hecho posible la estimación exacta de la producción de la mayoría de los cultivos, basándose en el examen de muestras de áreas bajo cultivo y su rendimiento por hectárea. Estimaciones anuales exactas (i.e., con errores muestrales conocidos) de hectáreas bajo cultivo y su rendimiento por hectárea dependen únicamente de recursos suficientes y personal adecuadamente capacitado.

En muchos países esta meta ha sido lograda para los cultivos principales y sus áreas bajo cultivo. Desafortunadamente, estimaciones exactas de la producción de alimentos para el hombre y el ganado no han existido en muchos países cuando llegó la demanda por mejores pronósticos de rendimientos. En donde las hectáreas y los rendimientos han sido medidos anualmente, los planificadores económicos y otros han empleado varias técnicas para proyectar áreas, rendimientos y producción hasta uno a cinco años en el futuro. Estas proyecciones dependen de varios esquemas que parecen apropiados al análisis y a la existencia de datos sobre hectáreas y rendimientos medidos exactamente durante un período de años como base para proyecciones. Este manual no propone discutir o evaluar estas técnicas de proyectar rendimientos sobre los años sino examinar métodos de medir rendimientos correspondientes a años individuales de cultivo que se necesitan para desarrollar la base histórica para proyección de rendimientos. En el caso de muchos cultivos no existen estimaciones de áreas cosechadas y sus rendimientos -- solo hay pronósticos basados en las opiniones de un grupo de funcionarios agrícolas. La capacidad de evaluar las condiciones relacionadas con el desarrollo de los cultivos antes de la cosecha puede ser muy útil en el manejo del cultivo con respecto a la determinación de la mejor fecha para la siembra, la cantidad de fertilizantes y la fecha de su aplicación, la cantidad de agua de riego y su época de aplicación, el control de insectos, y la selección de cultivos alternativos. Los rendimientos de los cultivos también afectan la administración del mercadeo. Pronósticos de rendimientos pueden afectar el precio y la política de las ventas de productos agrícolas, las necesidades de almacenamiento y manejo en las explotaciones agrícolas y en las terminales nacionales e internacionales, y el costo de transporte al mercado.

Las técnicas principales para la medición de rendimientos comúnmente usadas para cultivos maduros son: (1) rendimientos informados por los agricultores, (2) cantidades vendidas o elaboradas divididas por las áreas sembradas o cosechadas, y (3) la medición exacta del rendimiento de muestras cosechadas del campo entero. Estas técnicas se explican en este capítulo.

1.2 Rendimientos Informados por los Agricultores

Generalmente se obtienen datos sobre rendimientos mediante el muestreo de explotaciones agrícolas o campos que se sabe, a base de reconocimientos sobre uso de la tierra o número de hectáreas que fueron llevados a

cabo durante el desarrollo del cultivo, que contienen el cultivo (o cultivos) de interés. Encuestas probabilísticas sobre hectáreas sembradas, en la fecha de la siembra y durante el curso de crecimiento del cultivo, dan una base para seleccionar submuestras de explotaciones agrícolas o de campos que se usarán para la determinación de rendimientos. A veces se usan encuestas no probabilísticas de los agricultores y sus campos para obtener datos sobre los rendimientos, basadas en la suposición de que los sesgos en los rendimientos informados sean pequeños o porque los rendimientos no varían mucho dentro de un área o porque la no representatividad (i.e., sesgo) del proceso de muestreo no sea importante. No es muy probable que sean satisfactorias los datos sobre rendimiento obtenidos de encuestas no probabilísticas salvo que se obtenga después de la venta del cultivo información independiente que pueda servir para ajustar los datos por los sesgos o para verificar la suposición de que existe poca variación entre los rendimientos del área. Informes voluntarios de agricultores, participación de explotaciones agrícolas en programas de mejoramiento, y el muestreo de campos al borde de los caminos son técnicas muy usadas en las encuestas no probabilísticas para la recolección de datos.

Las encuestas probabilísticas de explotaciones agrícolas o de campos sembrados proveen la única manera directa satisfactoria para asegurar métodos exactos y sin sesgo de medir los rendimientos de los cultivos. Aunque una encuesta probabilística de explotaciones agrícolas que tienen el cultivo de interés es el único método de recolección de datos que puede proveer una estimación directa de la población agrícola de interés, hay muchos factores bajo la clasificación de errores ajenos al muestreo que pueden introducir sesgo en las técnicas de estimar o de informar. Los productores pueden ignorar sus rendimientos aun después de la cosecha, o pueden no informar exactamente, por varias razones, incluso: (1) temor a los impuestos, (2) temor a la confiscación de parte de su cosecha, (3) deseo de afectar el precio, (4) deseo de impresionar a la gente con su éxito en el cultivo, y (5) deseo de establecer una base alta de producción en previsión de la implantación de controles de producción. A pesar de estas posibles limitaciones, los agricultores probablemente son la fuente más confiable de datos sobre rendimientos después de la cosecha, si hay disponibles datos de comprobación (i.e., de rendimiento o producción) sobre una base periódica, para poder ajustar los sesgos. Aun sin datos comprobatorios, los informes de los agricultores sobre rendimientos cosechados de sus campos son bastante confiables cuando son basados sobre encuestas probabilísticas (los errores ajenos al muestreo o sesgos no son mayores

que los errores de muestreo correspondientes a muestras de tamaño moderado, $100 \leq n \leq 400$), aunque contraejemplos han sido citados, basados sobre muestreo de poblaciones inapropiadas pero convenientes, por informadores o funcionarios que usualmente usan técnicas no probabilísticas de muestreo. Las encuestas hechas de funcionarios locales de gobierno o de bancos, y por cooperadores localmente informados no constituyen muestras de la población que se estima y, a lo sumo, solo dan opiniones sobre rendimientos (producción para su localidad. A los agricultores se debe solicitar que informen sobre los campos, parcelas o fincas individuales que administran. La base que se usará para informar depende del número de campos por explotación agrícola y de los tipos de datos deseados, tales como el área sembrada intercalada con otros cultivos, o el detalle que posee el agricultor sobre el cultivo dado.

La naturaleza de los datos obtenidos de estas encuestas variará de acuerdo con lo que se busca, sea el número de hectáreas cosechadas, rendimiento por hectárea, o producción total del área cosechada. Los datos sobre rendimiento por hectárea pueden informarse directamente o ser derivados de los datos de hectáreas cosechadas y la producción total. En el caso de la mayoría de los cultivos, los rendimientos informados por los agricultores se basan sobre una medida de volumen representado por una caja u otro receptáculo de tamaño comercial, y no se reportan por peso, porque pocas veces hay una báscula. Además, el uso de distintas clases o tamaños de receptáculos conduce a inexactitud en los rendimientos tabulados y a vaguedad en la definición del rendimiento. Los utilizadores de datos de rendimiento frecuentemente cambian las unidades de volumen a unidades de peso de acuerdo con factores de conversión generalmente aceptados por la industria o el comercio.

Con algunos productos que se venden en los elevadores o se procesan en las desmotadoras o molinos, el rendimiento (o producción) puede obtenerse en unidades de peso de los agricultores después de que ellos reciben la documentación de entrega o pago. Las encuestas sobre rendimiento que buscan información sobre los cultivos utilizando datos derivados de dicha documentación generalmente son muy exactas. Sin embargo, estos rendimientos tienden a ser en términos de volumen o peso vendido, o el valor monetario total después de haber sido descontados los factores de grado, humedad o materia extraña, y no en términos de las cantidades cosechadas en el campo por el agricultor. A menudo el concepto del rendimiento puede

variar a causa del método o equipo usado para cosechar y/o el tipo de mercadeo aplicado al cultivo. Como consecuencia, puede ser necesario obtener información sobre varias posibles utilizaciones que el agricultor puede haber dado al producto, tales como: utilizado para semilla, destruido para cumplir con cuotas de mercadeo, usado para alimentar animales, guardado en el campo o en la planta, usado como alimento humano, o vendido a otros agricultores o a revendedores, si es que se desea saber el rendimiento total (o producción) del cultivo. Ejemplos de cultivos para los cuales se podría obtener información sobre peso en los países de mayor producción de ellos son: trigo, soya, plantas oleaginosas, algodón, arroz, tabaco, azúcar, café y algunas frutas y hortalizas.

Pueden ser algo grandes las diferencias en los rendimientos informados por una muestra de agricultores voluntarios y por una muestra probabilística de agricultores. Durante varios años existían grandes muestras de ambos tipos de encuesta en los Estados Unidos con respecto al maíz, que es un cultivo para el cual hay datos independientes comprobatorios muy pobres con respecto al mercadeo. Los rendimientos derivados de muestras no probabilísticas se encontraban un 6 por ciento más bajo que los rendimientos derivados de las muestras probabilísticas, como promedio, pero los resultados variaban según regiones. En el Oeste Medio la diferencia era del 5 por ciento, pero en los Estados del Sureste las diferencias se acercaban al 15 por ciento. La muestra probabilística de rendimientos informados por los agricultores daba, como promedio, rendimientos del 3 al 4 por ciento más bajos que los rendimientos determinados por el método de cosechar muestras que se miden con exactitud (después de ajustar los datos para conformar a las pérdidas de cosecha) en los mismos campos de agricultores, pero hubo variaciones regionales importantes. En el Oeste Medio los rendimientos informados por agricultores estaban como un 4 por ciento debajo de los rendimientos medidos por el corte de muestras, y en los Estados del Sureste los rendimientos informados por agricultores excedían los de cortes de muestras en un 4 por ciento.

En otras situaciones, el rendimiento no puede medirse exactamente después de la madurez, a causa de prácticas de siembra o de cosecha. En algunos países o sociedades agrícolas primitivas el agricultor puede ignorar el área de terreno que tiene sembrada en un cultivo. El agricultor solo es

capaz de identificar el campo o área limpiada para el cultivo. En algunos casos la cantidad del cultivo cosechada dependerá de las necesidades de la familia y de sus animales domésticos. Como consecuencia, puede ser que el cultivo se coseche poco a poco según se necesite, dejando el resto guardado en la planta en el campo. En estas circunstancias, el agricultor puede no ser capaz de informar exactamente el rendimiento total por área.

Los rendimientos informados por los agricultores se utilizan principalmente para fines de administración del mercadeo, puesto que los datos no proveen información sobre las características del cultivo y se obtienen demasiado tarde para utilizar en la toma de decisiones acerca del manejo del cultivo para el año en curso. La tabla 1 resume algunos de los conceptos de medición de rendimientos que pueden ser utilizados en los informes por agricultores.

Los ejemplos 1 y 2 representan cuestionarios que se envían por correo a los agricultores o se los entregan, con el fin de obtener datos sobre las cantidades cosechadas de un cultivo, junto con el propósito de la cosecha y la utilización de ella. Puede ser deseable incluir algunas preguntas adicionales acerca del cultivo para asegurar que la cantidad estadística que ha de ser estimada se informe consistentemente o, en caso necesario, se pueda derivar de varias preguntas.

Tabla 1 - Conceptos Involucrados en Medición de Rendimientos
(Los conceptos en las columnas no necesariamente se relacionan en sentido horizontal)

Area	Unidades para informar producción o Rendimiento	Forma de la parte cosechada	Utilización
Sembrada Cosechada	Recipiente de volumen estándar	Mazorca deshojada;	Transportada de campo a troja
Contratada	Peso	cereza descascarada	Entregada al mercado
Asignación oficial	No. de racimos	Mazorca o cereza sin deshojar o descascarar	Ventas
No. de árboles	No. de cabezas o frutas	Grano trillado	Alimento para gente o animales
Area intercalada	Cabezas o frutas de tamaño uniforme	Hojas enteras	Destruída o vendida a sacrificio
Equivalente sembrada o cosechada solo		Raíz o tubérculo	Elaborada
		Fruta entera	Semilla
		Tallo o planta entera	

EJEMPLO 1 - DATOS RECOLECTADOS POR AGRICULTORES SOBRE CULTIVOS DE GRANOS

AREAS Y PRODUCCION DE CULTIVOS - 197__

INSTRUCCIONES: Informe sobre el terreno que Ud. opera, incluyendo el alquilado de otros. Al informar sobre áreas cosechadas y producción total, incluya las áreas por cosechar y su producción más probable.

<p>INFORME SOBRE CULTIVOS DE 197__ Dé la información de la manera más exacta y completa como sea posible. Si las áreas y producción no son conocidas definitivamente, haga estimaciones cuidadosas.</p>	<p>Acres (1 acre = 0,4047 ha)</p>	<p>Producción total cosechada y por cosechar (1 bushel = 35 litros)</p>
CULTIVOS DE CAMPO		
1. Maíz sembrado para todos propósitos.....		
2. Maíz cosechado y por cosechar para grano..		Bu.
3. Maíz cortado para ensilaje.....		Ton.
4. Maíz cortado para forraje, dedicado a pasto (sin deshojar).....		
5. Maíz abandonado (no se cosechará ni se usará como pasto).....		
6. Soya sembrada para todos propósitos.....		
7. Soya cosechada y por cosechar p/fruto....		Bu.
8. Soya usada para heno, ensilaje, pasto solamente, enterrada o abandonada,.....		
9. Trigo sembrado para todos propósitos el otoño pasado y esta primavera.....		
10. Trigo cosechado para grano.....		Bu.
11. Trigo usado para heno, ensilaje, pasto solamente, enterrado o abandonado		
12. Cebada sembrada para todos propósitos el otoño pasado y esta primavera.....		
13. Cebada cosechada para grano.....		Bu.
14. Cebada usada para heno, ensilaje, pasto solamente, enterrada o abandonada.....		

EJEMPLO 2 - USOS COMUNES INFORMADOS PARA SOYA

ENCUESTA SOBRE SOYA

INFORME PARA LOS TERRENOS QUE USTED OPERA	Responda aquí
---	---------------

PRODUCCION Y COMPRA DE SOYA EN 1973

1. Soya cosechada para fruto en este terreno, cosecha del año pasado.....	Bushel*
2. Soya comprada para semilla para el cultivo de 1974.....	Bushel
3. Total cosechada y comprada (suma de 2 y 3, arriba).....	Bushel

UTILIZACION Y VENTAS DE LA SOYA (3)

4. Soya vendida y por vender entre 1º de septiembre de 1973 y 1º de septiembre de 1974.....	Bushel
5. Soya usada como semilla en este terreno para sembrar el cultivo de 1974.....	Bushel
6. Soya usada y por usar como alimento de animales en este terreno (grano entero o molido) entre 1º de septiembre de 1973 y 1º de septiembre de 1974.....	Bushel
7. Soya del cultivo anterior que se espera estará en existencia el 1º de septiembre de este año.....	Bushel
8. TOTAL (suma de ítemes 4, 5, 6, y 7 debe ser igual al ítem 8).....	Bushel
9. Soya de la cosecha de 1973 vendida en cada uno de los siguientes meses: Vendida en 1973 Septiembre.....	Bushel

* Bushel = medida de áridos equivalente a 35 litros

1.3 Producción Informada por Comerciantes o Elaboradores

En el caso de los cultivos que se venden o elaboran por vías comerciales, fuentes oficiales o comerciales a menudo informan sobre las cantidades que pasan mensualmente por los elevadores, desmotadoras, molinos, o exprimidoras de aceite. Están disponibles datos exactos sobre volúmenes o pesos entregados cuando se haya terminado el mercadeo. Aunque esta información llega demasiado tarde para servir en el manejo del cultivo y su venta, es muy útil en la verificación de la producción del cultivo, lo que sirve de base para ajustar o corregir los datos sobre área bajo cultivo y/o estimaciones de rendimiento que se usan en pronósticos futuros y en la planificación. El área cosechada, en casi todos los casos, se estima de datos informados por los agricultores o, en algunos casos, de la cantidad de terreno contratado para cultivos específicos por empresas de elaboración o de mercadeo. En otros casos, el área se basa en pautas establecidas por una agencia oficial. Los datos sobre áreas sembradas que se basan en pautas oficiales obligatorias o sugeridas generalmente no son confiables. De preferencia se deriva el rendimiento mediante la división de la producción que aparece en el mercado por el área informada como cosechada por el agricultor. La existencia de estos datos de mercadeo generalmente resulta en el desarrollo de datos confiables de rendimiento para series históricas de los cultivos. Sin embargo, el concepto de rendimiento frecuentemente se altera, cuando se usan los datos, para referirse a las cantidades vendidas en el mercado en vez de referirse a las cantidades cosechadas por los agricultores para todos los propósitos. Las dichas series de rendimiento pueden ser muy útiles para la determinación de cantidades vendidas en el mercado, pero pueden estar lejos de indicar la cantidad total cosechada. En el caso de los cultivos consumidos como alimento humano o animal sin elaboración comercial, esta diferencia puede ser importante. Cuando información acerca de la utilización de la cosecha puede obtenerse de los agricultores, es posible determinar exactamente el rendimiento total cosechado mediante la combinación de las dos fuentes de información.

La siguiente tabla 2 presenta unos ejemplos relacionados al informe de cantidades vendidas o elaboradas, según el uso de fuentes oficiales o comerciales en varios países.

Tabla 2 - Algunos Cultivos que se Venden o Elaboran

(Los conceptos en las columnas no necesariamente se relacionan horizontalmente)

Cultivo	Fuente de datos	Unidades informadas	Frecuencia
Algodón	Desmotadoras	Pacas, peso bruto o neto	Mensual
Soya	Trituradoras	Aceite, torta, harina	Al final de la estación
Arroz	Molinos	Molido	
Café	Exportadores	Tostado	Estacional
Naranjas	Inspección y clasificación oficiales	Jugo, fruta fresca	Quincenal
Uvas	Fábricas vinícolas	Toneladas	
Cerezas		prensadas para vino	
Tabaco	Elaboradores particulares a asociaciones comerciales	Bultos empacados	
Trigo	Subastas particulares	Cabezas	
Remolacha de azúcar	Molinos de trigo	Molido	
	Ingenios	Toneladas de raíces, o azúcar	

Los ejemplos 3 y 4 son informes usados por los elaboradores para informar las cantidades cosechadas de algodón y de soya a una agencia oficial. El ejemplo 5 es un resumen de informes semanales entregados a inspectores y clasificadores estatales de cítricos. Los totales semanales se acumulan para dar un total continuo hasta la fecha. Este tipo de datos sobre cultivos es muy valioso para comprobar la validez global de modelos de rendimiento y producción.

EJEMPLO 4: INFORME MENSUAL DE ELABORADORES PRIMARIOS
DE SOYA

SEMILLAS, FRIJOLES Y NUECES OLEAGINOSOS

Período del informe: Marque con X la casilla que mejor describe el período cubierto por el informe,.....				Enero	Febrero	Marzo
				Mes entero	Mes entero	Mes entero
				4 semanas	4 semanas	4 semanas
Código del producto	Descripción del ítem	Unidad de medida	Código del ítem	5 semanas	5 semanas	5 semanas
0011611	SOYA Grano tri- turado	Ton. C*	0100			
2075111	Aceite cru- do produci- do (peso desgomado)	1,000 libras	0105			
2075113	Torta y ha- rina para: Alimento animal	Ton. C*	0111			
2075115	Alimento humano	Ton. C*	0112			
2075142	Lecitina producida	Ton. C*	0114			
2075261	Residuos para ali- mento ani- mal	Ton. C*	0115			
0011611	Existencias Grano	Ton. C*	0120			
2075111	Aceite crudo	1,000 libras	0125			
2075211	Torta y harina	Ton. C*	0130			
2075261	Residuos para ali- mentar ani- males	Ton. C*	0135			

* = Tonelada corta (2,000 libras)

EJEMPLO 5: INFORMES SEMANALES DE CITRICOS EN FLORIDA

INFORME PROGRESIVO SEMANAL PRELIMINAR DE FRUTA RECIBIDA EN PLANTAS DE ELABORACION

<u>Semana que termina el 27 de marzo</u>		<u>(En unidades de 1,6 bushels)</u>								
	<u>Toronjas</u>	<u>Naranjas Temp.-Med.</u>	<u>Naranjas tardías</u>	<u>Naranjas Washington</u>	<u>Mandarinas</u>	<u>Naranjas Temple</u>	<u>Tangelos</u>	<u>K Tem- praneras</u>	<u>Mandarinas de Miel</u>	<u>Total</u>
	435.359	188.110	616.710	140	-	13.296	3.220	-	9.193	1.266.028
	461.125	151.990	761.736	-	-	14.558	141	-	8.859	1.398.409
	345.970	75.391	651.119	-	-	5.275	279	-	5.280	1.083.374
	337.623	110.431	601.549	-	-	6.332	273	-	5.035	1.061.243
	489.835	106.828	732.804	-	-	6.281	-	-	4.134	1.339.892
	470.171	154.744	1.193.716	-	-	16.625	59	-	13.078	1.849.393
Total	2.540.083	787.494	4.557.634	140	-	62.367	3.972	-	45.579	7.997.329
Total an- terior	18.591.654	106.436.990	6.998.148	415.120	983.328	2.310.907	2.496.868	137.862	847.012	139.207.889
GRAN TOTAL	21.121.737	107.224.484	11.555.782	415.260	983.328	2.373.274	2.500.840	137.862	892.591	147.205.218
Total corre- pondiente a la estación an- terior	21.346.691	91.761.636	3.500.654	360.538	1.036.844	2.960.135	3.252.563	127.098	672.322	125.018.471

<u>Semana que termina el 27 de marzo</u>		<u>INFORME PROGRESIVO SEMANAL PRELIMINAR DE FRUTA RECIBIDA EN EMPACADORAS</u> <u>(En unidades de 4/5 bushel)</u>								
	<u>Toronjas</u>	<u>Naranjas Temp.-Med.</u>	<u>Naranjas tardías</u>	<u>Naranjas Washington</u>	<u>Mandarinas</u>	<u>Naranjas Temple</u>	<u>Tangelos</u>	<u>K Tem- praneras</u>	<u>Mandarinas de Miel</u>	<u>Total</u>
	121.75	575	63.287	-	-	654	21	-	5.992	191.704
	146.129	937	53.038	-	-	18	-	-	2.334	202.456
	209.078	370	45.705	-	-	1.159	-	-	1.515	257.827
	192.599	-	39.106	-	-	-	-	-	2.521	234.226
	190.292	-	54.831	-	-	777	-	-	7.345	253.235
	165.783	-	44.113	-	-	-	-	-	1.198	211.094
Total	1.025.046	1.882	300.090	-	-	2.608	21	-	20.905	1.350.542
Total an- terior	23.276.523	7.997.408	1.576.450	2.894.293	4.443.968	1.967.601	4.235.430	842.445	502.990	47.737.108
GRAN TOTAL	24.301.569	7.999.290	1.876.530	2.894.293	4.443.968	1.970.209	4.235.451	842.445	523.895	49.087.650
Total corre- pondiente a la estación anterior	27.829.266	9.308.093	2.721.786	2.247.688	4.526.250	4.221.881	4.158.512	438.453	2.076.323	57.528.252

1.4 Determinación de Rendimientos Cosechados Mediante Corte de Muestras

Las técnicas de corte de muestras varían mucho en distintos lugares del mundo. La técnica usada depende de varios factores, que incluyen la organización, el tipo y tamaño del grupo de personal, la cooperación de los agricultores, las prácticas de cultivo y las condiciones de la cosecha. Por lo tanto, no es posible (ni deseable) especificar un solo modo uniforme para conducir encuestas por corte de muestras. No obstante, todas estas encuestas poseen un elemento en común. Una o más parcelitas (o grupos de plantas) se seleccionan como muestras de campos comerciales. Estas parcelitas representan solamente una pequeña parte del área total del campo. Por lo tanto, no es posible estimar el rendimiento de un campo individual con una precisión estadística aceptable, salvo que se seleccionen muchas parcelitas. Los rendimientos calculados de una o dos parcelitas en un campo no se correlacionan altamente con el rendimiento del campo entero, porque el promedio de todas las parcelitas en un campo es estadísticamente independiente de las parcelitas individuales. Cuando se desea estimar o comparar rendimientos de campos individuales, el número de parcelitas tiene que ser grande. Por ejemplo, pequeñas parcelitas del campo que abarcan menos de 200 pies cuadrados ($18,6 \text{ m}^2$) tienen un coeficiente de variación dentro del campo de aproximadamente un 20 al 25 por ciento en el rendimiento por hectárea. Entonces, una estimación del rendimiento de un campo individual requeriría unas 20 a 25 unidades por campo para lograr un error estándar de la media que fuera equivalente a un coeficiente de variación del 5 por ciento. Consideraciones de costo y de variabilidad en el muestreo siempre indican un diseño de encuesta por corte de muestras que abarca (1) tantos campos en tantas explotaciones agrícolas como sea posible lograr, y (2) solamente una o dos parcelitas por campo, si el objetivo de la encuesta es obtener estadísticas de rendimiento para el país o para una región mayor del mismo. En general, la medición anual de rendimientos mediante el corte de muestras es demasiado costosa cuando se aplica en pequeños distritos políticos o en muchos distritos administrativos de un país. Sin embargo, se ha intentado utilizar datos auxiliares o el muestreo doble con un número grande de campos como una base para ajustar una encuesta más pequeña hecha por el método de corte de muestras, con el propósito de obtener rendimientos en pequeñas regiones geográficas. Es necesario que los datos auxiliares se obtengan a bajo costo y que sean altamente correlacionados con el rendimiento de las

muestras cortadas. Típicamente, se hacen estimaciones visuales de rendimiento por hectárea de muchos campos (o árboles) y se corta una muestra aleatoria de los campos. Con costos favorables y una correlación moderada o alta entre las dos fuentes de datos, las encuestas por corte de muestras pueden suministrar estadísticas sobre rendimientos de pequeñas áreas. Sin embargo, el número de casos en que se han usado estas técnicas con éxito es pequeño, porque los costos y las correlaciones entre las dos fuentes de datos no han sido favorables.

La medición de rendimiento mediante el corte de muestras ha sido limitada principalmente a cultivos importantes para alimentación o exportación en la India, Europa, y los Estados Unidos. En los Estados Unidos, programas de mercadeo en la industria de cultivos de ciertas frutas y nueces han empleado técnicas de corte de muestras para obtener información sobre rendimientos.

1.4.1 Selección de Muestras

La medición de rendimientos mediante el corte de muestras incluye la selección de una muestra representativa (probabilística) de campos o grupos de árboles. El procedimiento de selección de parcelitas dentro del campo también requiere muy cuidadosa localización, medición del tamaño de la parcelita, deslinde de las plantas asociadas con la parcelita, y un manejo cuidadoso de las partes de la planta que se utilizan para derivar el rendimiento por área. La siguiente tabla 3(a) ilustra los pasos principales requeridos en el procedimiento de selección en un cultivo de campo:

Tabla 3(a) - Selección de Muestras de Campos y Parcelitas

Pasos en la selección	Información que se necesita
1. Selección aleatoria de explotaciones agrícolas	Lista de explotaciones con el cultivo cuyo rendimiento se ha de estimar
2. Selección aleatoria de campos	Número de campos o el área de cada campo, para determinar probabilidades de selección de cada campo individual
3. Subdivisión del campo entre parcelitas	Dimensiones del campo o número de hileras del cultivo en él, para determinar parcelitas de forma y tamaño dados
4. Selección aleatoria de parcelitas	Identificación de parcelitas de tamaño fijo seleccionadas aleatoriamente que se medirán o se deslindarán con un marco previamente construido
5. Selección de ciertas partes de plantas para ser medidas	Una enumeración de todas las plantas y partes de plantas en la parcelita (normalmente, los componentes básicos del rendimiento)
6. Selección de algunas partes de las plantas que se cortarán	Peso u otra medida de cabezas u otras partes de las plantas

(continúa en la página siguiente)

Tabla 3(a) - (continuada)

Pasos en la selección	Información que se necesita
7. Selección de granos que se enviarán para su análisis en el laboratorio	Determinación de la fracción de grano, su humedad y en algunos casos, factores de calidad
8. Selección de plantas y áreas que se espigarán después de la cosecha comercial o normal	Número de cabezas y peso de granos adheridos a las cabezas o encontrados en el suelo que no fueron levantados por el equipo de cosechar

Una tabla correspondiente para un cultivo de árboles sería como sigue:
 Tabla 3(b) - Selección de Muestras de Parcelas y de Partes de Árboles

Pasos en la selección	Información que se necesita
1. Selección aleatoria de explotaciones agrícolas	Lista de explotaciones particulares o comerciales con el cultivo de árboles
2. Selección aleatoria de parcelas o grupos de árboles	Número de árboles, su edad y variedad en todas las parcelas, para derivar probabilidades de selección de parcelas individuales
3. Selección aleatoria de árboles	Número de hileras de árboles y número de árboles por hilera, para determinar probabilidades de selección
4. Selección aleatoria de una pequeña porción del árbol, porque cosechar todo es muy costoso	Tamaños y número del tronco principal y de las ramas primarias, como base para determinar probabilidades de selección
5. Selección aleatoria de rama terminal (y posiblemente caminos a las ramas)	Identificación de ramas terminales en las que se contará la fruta
6. Selección aleatoria de la fruta que se recogerá del árbol	Peso y/o tamaño de la fruta recogida
7. Selección aleatoria de la parte comercial de la fruta o la nuez descascarada en estaciones especiales en el campo	Relación del peso de la fruta en limpio al peso total de la fruta
8. Selección aleatoria de árboles y área de suelo que se recogerán después de la cosecha comercial	Número y peso de las frutas que quedaron en los árboles y en el suelo después de la cosecha comercial

1.4.2 Tamaño y Ubicación de las Parcelitas

Las variaciones en el tamaño de las parcelitas dependen principalmente de los costos y la magnitud de los componentes de variancia entre campos y dentro de campos. En algunos países la capacidad de los trabajadores para deslindar y cosechar plantas dentro de las parcelitas de acuerdo con las especificaciones es un factor adicional que se considera al escoger el tamaño de la parcelita. Los tamaños más pequeños de parcelitas para cultivos de campo son utilizados en los Estados Unidos, donde un área tan pequeña como 0,0001 de acre (24 pulgadas por 26,136 pulgadas) ha sido usada. Tamaños mayores se encuentran en la India, donde se han usado parcelitas tan grandes como 0,1 acre (404,7 metros cuadrados).

La tabla 4 presenta unos ejemplos de tamaños y formas de parcelitas que han sido usadas en varias partes del mundo. La tabla 5 indica algunos de los cultivos en varios países en donde se han utilizado encuestas por corte de muestras. Ninguna de las dos tablas está completa, pero ambas indican la amplia aplicación de esta técnica.

Tabla 4 - Tamaño y Forma de Parcelitas Usadas para Cultivos de Campo

Tamaño de la parcelita	Forma de la parcelita
2, 4, 5, u 8 pies en diámetro	Circular
3 m diámetro	Circular
5 ft 3 in. (1/2000 acre)	Circular
33 ft x 16,5 ft (1/80 acre) (50x25 eslabones)	Rectangular
16,5 ft x 16,5 ft (1/160 acre)	Rectangular
33 ft x 16 ft (1/80 acre)	Rectangular
5 m x 10 m	Rectangular
1,5 m ²	Rectangular
0,3 m ²	Rectangular
15 ft x 2 hileras	Rectangular
7 yd x 7 yd (1/100 acre)	Cuadrada
6 ft 7 in. (1/1000 acre)	Cuadrada
33 ft por lado	Triangular
16 ft 6 in. por lado	Triangular
8 ft 3 in. por lado	Triangular
9,9 ft por lado	Triangular
12,5 ft ²	Triangular
24 in. x 26,136 in. (1/10.000 acre)	Marco en forma de U
21,6 in. x 3 hileras	Marco del largo de la hilera
1 m ²	Marco cuadrado con barra de cierre
Campo entero	En terrazas pequeñas

Tabla 5 - Encuestas por Corte de Muestras, por Países

Cultivo	País
Trigo	India, EE. UU., Alemania Occ.
Arroz	India
Algodón	India, EE. UU.
Caña de azúcar	India
Coco	India
Almendra	EE. UU.
Nuez de nogal	EE. UU.
Cítricos	EE. UU.
Durazno	EE. UU.
Pera	EE. UU.
Limón	EE. UU.
Uva	EE. UU.
Cereza	EE. UU.
Arándano agrio	EE. UU.
Soya	EE. UU.
Tabaco	EE. UU.
Maíz	EE. UU., Basutolandia
Sorgo	EE. UU., Basutolandia
Guisante	Basutolandia
Cebada	Basutolandia
Avena	Basutolandia
Frijol	Basutolandia
Centeno	Alemania Occidental
Papa	Alemania Occ., EE. UU.

CAPITULO 2 - MODELOS PARA PRONOSTICAR RENDIMIENTOS BASADOS EN LA RESPUESTA DE LA PLANTA

2.1 Introducción

Este capítulo presenta una variedad de técnicas que han sido usadas con varios grados de éxito en la pronosticación de rendimientos. Algunos de los modelos han sido descartados desde su introducción porque (1) el costo de adquisición de los datos era muy alto, (2) la necesidad (o la fecha) del pronóstico cambió, o (3) el modelo funcionó mal y se adoptó una nueva técnica. Pero este capítulo no intenta ser un catálogo completo de técnicas, sino indicar la diversidad de métodos que se han encontrado de utilidad en la estimación de rendimientos y enfocarse en los datos requeridos por los distintos modelos. Muchas de las técnicas descritas fueron inventadas para utilizar los datos disponibles, y no para constituir un esfuerzo deliberado para formular sistemáticamente modelos de rendimiento de cultivos; esta puede ser una distinción importante. Más recientemente, los esfuerzos se han dirigido a la identificación de los conceptos necesarios para modelar el rendimiento de los cultivos y adquirir los datos requeridos. Los métodos de recolección de datos o los diseños de muestreo tienen una influencia profunda sobre la validez de un pronóstico, tal como la tiene la selección del modelo. Debe entenderse que los conceptos de muestreo son importantes, aunque se discuten aquí en breve. Se supone que la debida capacitación ha sido obtenida en el muestreo, o se obtendrá, para que se pueda extender las inferencias válidamente a la población deseada de unidades. Se espera que una amplia exposición a las técnicas de determinación de rendimiento y los datos requeridos ayudará a los administradores de programas agrícolas en la selección de un método adecuado de estimar rendimiento, o, por lo menos, en la reducción del número de alternativas que deben considerarse. La utilidad de las varias técnicas también dependerá de otros factores, tales como : el cultivo, duración de la estación de crecimiento, ambiente, y la fecha en que se necesitará la información sobre rendimiento.

Los modelos descritos en este capítulo se basan en datos disponibles desde el momento de la siembra del cultivo. Sin embargo, el propósito es modelar el rendimiento en la madurez y no modelar el desarrollo de la planta durante su vida, salvo que esto sea necesario para poder modelar el rendimiento a la madurez. Varios modelos distintos se describen en

suficiente detalle para que el lector entienda los conceptos empleados en la recolección de datos y en el modelado. En algunos casos, los ejemplos citados pueden suministrar una base para empezar trabajo nuevo en los mismos cultivos, o en otros. Se supone que se ha llevado a cabo después de la siembra una encuesta sobre el número de hectáreas sembradas, para que se pueda seleccionar para la observación una muestra de explotaciones o campos agrícolas. Además, se espera que la muestra del área provea validación del rendimiento o sus componentes y permita la derivación de la producción, basada sobre rendimiento y área. La mayoría de los modelos presentados fueron desarrollados sobre la base de una explotación agrícola, un campo, una parcelita, o una planta. En algunos de los modelos de rendimiento, especialmente los que utilizan una serie histórica de datos, los promedios derivados de varias localidades distintas se atribuyen a grandes áreas geográficas y no a campos o parcelitas individuales. Las observaciones por agricultores en las unidades de informe generalmente están en términos de rendimiento por área cosechada, correspondientes a la explotación o a campos individuales. En algunos casos, agricultores de espíritu cívico pueden cooperar en la observación de parcelitas o plantas para organismos oficiales o comerciales. Modelos que utilizan cuentas de plantas y técnicas de medición de componentes del rendimiento llevados a cabo por colaboradores voluntarios o pagados generalmente se diseñan sobre la base de parcelita o planta. Los modelos basados sobre datos de parcelitas o de plantas individuales se expresan en términos de una unidad estándar para conversión a una base por hectárea para la publicación por la agencia patrocinadora.

2.2 Modelos Matemáticos

La selección del modelo es un paso básico en la pronosticación. En general, las técnicas comúnmente usadas no consideran los datos como una serie temporal de la cual se hacen pronósticos, sino como una serie de puntos independientes de datos donde se genera una o más observaciones nuevas cada año; tampoco es probable que se puedan encontrar reglas puramente matemáticas que sean adecuadas para describir los fenómenos. Los modelos raras veces describen el mundo real, debido a la variación aleatoria o natural presente en la mayoría de los datos obtenidos de siembras y parcelitas comerciales. Por esto, los métodos de pronosticación que han sido desarrollados o son estadísticas en su naturaleza o requieren estimaciones estadísticas de los parámetros claves para implementarse con éxito. Algunos de los modelos aquí presentados son determinísticos, pero

estos generalmente requieren estimaciones estadísticas de algunos de los parámetros del modelo para implementarlos para áreas grandes. Además, los modelos generalmente son incompletos en que algún factor importante ha sido omitido, debido a nuestro entendimiento incompleto del fenómeno o al costo de incluirlo en el modelo. A menudo usamos los modelos, no en la creencia de que ellos describen exactamente la infraestructura de la situación, pero en la fe de que, por lo menos para el pasado reciente y el futuro cercano, ellos darán una descripción razonable de ella.

Consideramos varias situaciones. En la primera situación, la estructura fundamental se considera como altamente estable durante años y el modelo escogido representa la estructura fundamental de los datos. El modelo en este caso se llamará "modelo entre-año" o "modelo global".

En la segunda situación, se cree que la estructura es estable durante un período corto pero no necesariamente durante un período largo. Pueden ocurrir cambios lentos en la estructura del modelo o en los valores de los parámetros que no afectarán los datos tan adversamente como para invalidar el pronóstico para un año (o corto período) en el futuro. En este caso el modelo se llamará "modelo transitorio" o "modelo local".

En una tercera situación, se considera que la estructura es inestable durante un período corto. El modelo en esta situación se llama "modelo dentro del año" o "modelo de un año agrícola".

La experiencia sugiere que el uso de modelos transitorios a menudo conduce a pronósticos mejores, porque tenemos muchas más replicaciones durante tiempo para la evaluación del método, mientras que el modelo global puede verse como una sola observación del proceso o fenómeno. El fenómeno "dentro del año" se reconoce, pero demasiadas veces hay insuficientes datos disponibles para modelar la situación. Frecuentemente no hay diferencia en la formulación matemática o estadística de estos modelos, pero las diferencias se encuentran en la manera en que aplicamos la interpretación de los parámetros representados en los modelos.

Varios modelos estadísticos básicos se describen antes de examinar las técnicas que han sido desarrolladas y puestas en uso. El modelo estadístico más sencillo es el de media constante:

$$x_t = \mu + \epsilon_t$$

donde x_t = datos de tiempo pasado para el período t-ésimo (generalmente años) correspondientes a una característica del rendimiento x_1, x_2, \dots, x_t

ξ_t = el error aleatorio normal para el tiempo t

μ = una media constante

Y queremos pronosticar la característica para el momento t + k.

El pronóstico para el momento t + k es dado por la media muestral:

$$\bar{x}_{t+k} = \frac{1}{t} (x_1 + x_2 + \dots + x_t)$$

El modelo podría ser apropiado para peso de grano por cabeza, o peso de grano por grano cuando x_t es para una serie de años; es decir, un modelo para varios años podría ser apropiado para ciertas características de la planta aunque no fuera apropiado para rendimiento por hectárea.

Otra fórmula para la media constante que podría usarse cuando un modelo transitorio es apropiado es la que asigna ponderaciones a los puntos de datos, como sigue (para cálculo de coeficientes, vea la página 91):

$$\bar{x}_{t+k} = (1-a)(x_t + ax_{t-1} + a^2x_{t-2} + \dots)$$

donde "a" es un número entre 0 y 1. Este modelo tiene el efecto de dar siempre el mayor peso (o importancia) al punto de datos últimamente observado. La fórmula puede ser escrita de otro modo más conveniente para fines de cálculo:

$$\bar{x}_{t+k} = (1-a)x_t + a\bar{x}_{t-1,k}$$

Esto es un tipo de media móvil, pero da ponderaciones variables a los años, en contraste a la media móvil simple, que da igual peso a cada año. Aquí, también, este modelo podría ser apropiado para ciertas características de la planta o para rendimiento por hectárea.

Cuando ni el modelo entre-año ni el transitorio es apropiado, un modelo de crecimiento del tipo "dentro del año" o logístico podría representar los datos aproximadamente:

$$x_t = \frac{\alpha}{1 + \beta \rho^t} + \xi_t$$

donde x_t = valor dado del dato en un momento t dentro de una secuencia de momentos durante la estación del cultivo, correspondiente a una característica del rendimiento

α, β, ρ = constantes o parámetros del modelo

ξ_t = error aleatorio para el momento t

Y queremos pronosticar la característica para el momento t + k.

Algunos de los demás modelos que se encuentran comúnmente son:

Tendencia lineal: $x_t = \alpha + \beta t$ para toda t (i.e., la variable "tiempo").

Regresión lineal: $x_t = \alpha + \beta z_t$ donde z_t es otra variable.

Autorregresión: $x_t = \alpha + \beta x_{t-1}$ donde x_{t-1} es el valor anterior de x .

Crecimiento exponencial: $x_t = \alpha \xi^{\beta t}$ para toda t .

Media móvil de primer orden: $x_t = \xi_t - \theta \xi_{t-1}$ donde θ es una constante entre -1 y 1.

El modelo de tendencia lineal que se emplea puede ser global o local. Las ideas son similares a las en el modelo de media constante en que la línea de mínimos cuadrados puede alterarse mediante la asignación de diferentes pesos (o importancia) a los errores que han de minimizarse al estimar los parámetros del modelo. Esto tiene el efecto de hacer que la línea de tendencia se conforme más estrechamente con los puntos de datos más recientes. Asimismo, ideas similares se encuentran en el modelo de regresión lineal; sin embargo, el modelo de regresión lineal también requiere atención a la selección de la otra variable. En la mayoría de los modelos el momento del pronóstico es $t + 1$, con excepción del modelo de crecimiento, donde $t + k$ es "muy grande" en comparación con t .

Durante los últimos pocos años se ha puesto un mayor énfasis sobre el desarrollo de modelos de rendimiento en que los parámetros se derivan del año en curso, para ser usados antes de la cosecha. Es decir, se ha hecho un esfuerzo deliberado para lograr que las técnicas dependan menos de una serie histórica de datos como requisito para poder pronosticar el rendimiento. Modelos que logran esta independencia se llaman "modelos dentro del año" y se consideran más deseables que los modelos entre-año si cada año es diferente de los años anteriores, o si están ocurriendo cambios tecnológicos que no pueden ser evaluados. El hecho de que estos modelos no requieren una serie histórica de información similar antes de poder iniciar los pronósticos se considera muy importante al empezar a trabajar con un cultivo nuevo o desarrollar un sistema para un país que no tiene un sistema de pronosticar rendimientos. Sin embargo, los modelos que no dependen de series históricas de rendimientos sí requieren mayor entendimiento de las relaciones de las respuestas de las plantas o el conocimiento que tienen los agricultores de los rendimientos cosechados. Este tipo de modelo se ha considerado para la pronosticación basada tanto sobre las evaluaciones o pronósticos subjetivos de los agri-

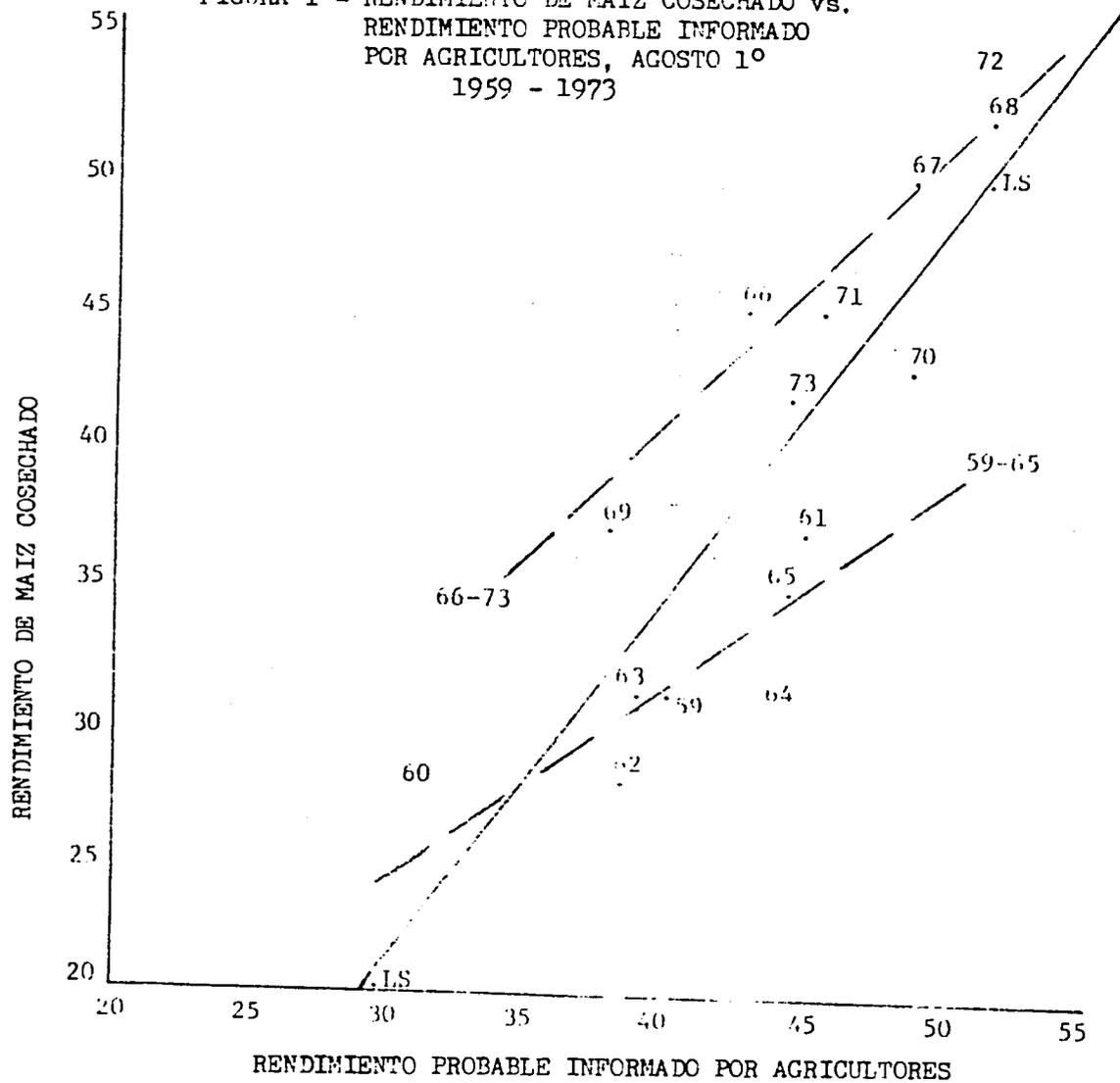
cultores como sobre los métodos objetivos. Es de ayuda empezar con una mirada a las evaluaciones de rendimiento (o rendimiento probable) hechas por los agricultores, que son usadas para muchos cultivos. El hecho de que relativamente pocos cultivos han sido incluidos en la pronosticación de rendimiento basada sobre programas de características de la planta o de corte de muestras en países que publican series oficiales sugiere que este método debe examinarse cuidadosamente. Además, oportunidades para el uso de evaluaciones por los agricultores existen en el trabajo de ayuda técnica cuando se empiezan programas estadísticos en la pronosticación de rendimiento y producción de cultivos.

El resto de este capítulo se dedica a una discusión de varias técnicas que han sido probadas. En general, no se ha hecho ningún intento de evaluar cada método ni compararlo con todos los modelos competidores, porque faltaba la información necesaria para hacerlo. Sin embargo, se espera que, al llegar al final de este manual, el lector reconozca algunas de las diferencias en los supuestos de los modelos, la clase de datos que se necesitan, y la capacidad de validar los pronósticos y parámetros de los modelos como factores que hay que tomar en cuenta al comparar modelos de pronosticación.

2.3 Sistemas de Evaluación Subjetiva por los Agricultores

Un método común usado por agencias oficiales y pronosticadores particulares es la preparación de diagramas o la derivación de relaciones entre los pronósticos de rendimiento probable hechos por los agricultores y los rendimientos obtenidos al cosechar al final de la estación. Este método se basa en el concepto de que las relaciones no cambian durante un período de 5 a 10 años, pero frecuentemente se usa después de haber recolectado datos de rendimiento durante 3 a 5 años. En la mayoría de los casos, los diagramas o las relaciones se basan sobre informes voluntarios de los agricultores o de agentes colaboradores que informan por correo, teléfono, radio o mensajero. Como consecuencia, los rendimientos probables informados frecuentemente pueden no ser representativos de la población, y/o los informadores pueden no ser capaces de pronosticar exactamente el rendimiento correspondiente a su pueblo, distrito, región o algún área con linderos vagamente definidos. En cualquier caso, los rendimientos probables requieren ajuste o corrección para varias clases de sesgos desconocidos. Frecuentemente, parece que se indican relaciones distintas para diferentes períodos de años. Las líneas quebradas en la figura 1 indican aproximadamente la naturaleza de dos regresiones

FIGURA 1 - RENDIMIENTO DE MAIZ COSECHADO vs.
 RENDIMIENTO PROBABLE INFORMADO
 POR AGRICULTORES, AGOSTO 1º
 1959 - 1973



- DATOS DE AÑOS INDIVIDUALES
- - - LINEA DE REGRESION PARA GRUPOS DE AÑOS
- LINEA DE REGRESION PARA TODOS LOS AÑOS

distintas y la línea sólida es la línea de regresión de mínimos cuadrados sobre ambos períodos. Esta figura demuestra algunos de los problemas comunes asociados con líneas de regresión entre-año o global. Puede existir un fuerte factor de tendencia y ni se mide ni se conoce la representatividad de la muestra ni la capacidad de los agricultores para pronosticar sus rendimientos. La misma información a menudo se analiza con la ayuda de un diagrama de tendencia temporal, comparando los residuales o desviaciones de los rendimientos pronosticados con el tiempo.

La tabla 6 indica la correlación y la naturaleza de la relación lineal entre los pronósticos de los agricultores y sus rendimientos informados después de la cosecha de varios cultivos. Las relaciones encontradas para algodón y soya en ambos años en Estados contiguos son similares, pero las relaciones para maíz son diferentes en cada año en los Estados contiguos. En general, las amplitudes de las variaciones en el rendimiento medio durante años, con base en encuestas probabilísticas entre agricultores o en encuestas de corte de muestras, concuerdan estrechamente, pero los niveles de los rendimientos medios de los agricultores se encuentran más bajos por uno que otro por ciento.

A veces se necesita usar un método distinto para reducir las deficiencias causadas por tendencia, relaciones que cambian con el tiempo, o hasta la influencia de cultivos anteriores sobre la evaluación del año en curso. Se describirá un método que provee por lo menos respuestas parciales a algunos de estos problemas. El método se llama él de "evaluación de rendimiento calificada por el agricultor". Intenta determinar lo siguiente: (1) ¿Qué rendimiento espera obtener el agricultor de una siembra específica de este cultivo? (2) ¿Cómo evalúa el agricultor el rendimiento esperado de esta siembra del cultivo según cinco categorías descriptivas? Las áreas sembradas entonces se resumen según las cinco categorías y el promedio o el rendimiento esperado (o producción esperada) se deriva mediante la ponderación de los rendimientos por las áreas o porcentajes de áreas informados por categorías.

Se supone que las calificaciones descriptivas suministradas por los agricultores estén distribuidas normalmente, como en el sistema comúnmente usado por los profesores cuando tienen que calificar a un gran número de estudiantes. Por esto, el nombre "evaluación de rendimiento calificada por el agricultor" se da al método, porque el agricultor en efecto "califica" su propia evaluación del rendimiento. Este sistema de calificación y su relación a la distribución normal se demuestra en el

Tabla 6 - Coeficiente de Correlación y Regresión del Rendimiento (Y) Informado por Agricultores después de la Cosecha Sobre el Rendimiento (X) Pronosticado por Agricultores al Comienzo del Desarrollo del Fruto

(para muestras probabilísticas)

(a)

1972			
Estado y cultivo	n	r	Modelo de regresión lineal
Arkansas/Algodón	128	0,330	$Y = 0,410 + 0,578X$
Mississippi/Algodón	151	0,468	$Y = 0,481 + 0,491X$
Illinois/Maíz	56	0,627	$Y = 36,11 + 0,724X$
Iowa/Maíz	35	0,411	$Y = 68,93 + 0,482X$
Illinois/Soya	71	0,621	$Y = 14,95 + 0,659X$
Iowa/Soya	9	0,384	$Y = 13,66 + 0,507X$

(b)

1973			
Estado y cultivo	n	r	Modelo de regresión lineal
Illinois/Maíz	38	0,174	$Y = 86,24 + 0,220X$
Iowa/Maíz	49	0,517	$Y = 14,18 + 0,796X$
Illinois/Soya	68	0,446	$Y = 14,58 + 0,535X$
Iowa/Soya	70	0,640	$Y = 12,38 + 0,666X$

gráfico 1 en la página 30.

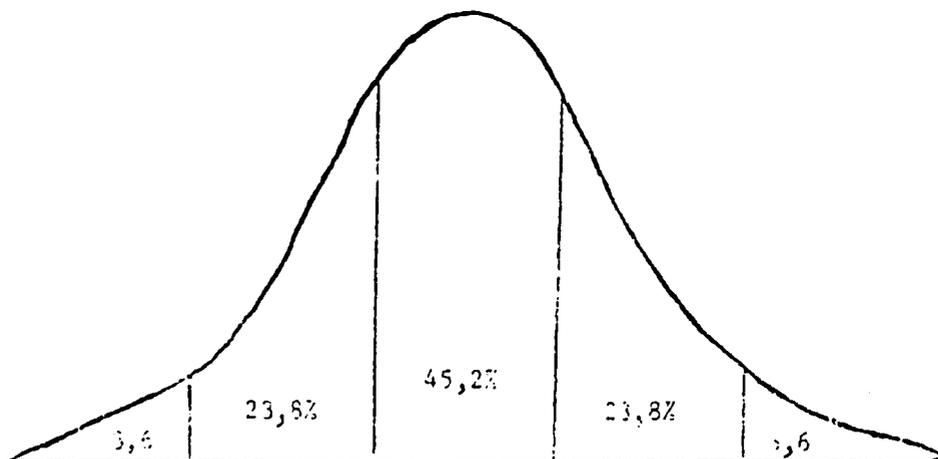
Experiencia con este método en la América Central ha indicado que los agricultores sí califican sus rendimientos de manera similar. Es decir, del 40 al 50 por ciento del área sembrada se informa por los agricultores temprano en la estación de crecimiento como teniendo un rendimiento probable de "mediano". Los demás rendimientos esperados se encuentran en una categoría más arriba o más abajo de la mediana. Estos informes sugieren que la mayoría de los agricultores informan un rendimiento mediano temprano en la estación de crecimiento del cultivo. La interpretación del rendimiento esperado como indicativo del rendimiento que se cosechará puede ser muy errónea en cualquier año que no sea "normal". Dicho de otra manera, muchos agricultores pueden no ser buenos pronosticadores, o no querer pronosticar un rendimiento diferente del mediano para fines de informar a agencias oficiales. La información más útil viene de los agricultores que informan un rendimiento que no es mediano.

El procedimiento para informar rendimientos esperados a las agencias, particulares u oficiales, es como sigue: (1) basándose en encuestas sobre el uso dado a la tierra, el área sembrada estimada se resume como porcentaje del área informada para las categorías utilizadas; (2) se solicita a los agricultores que informen su rendimiento esperado; y (3) se deriva el rendimiento medio "dentro del año" en (2) para cada categoría por el porcentaje del área en (1). La razón para seguir este método es que puede ser deseable proveer el rendimiento esperado por el agricultor, las calificaciones descriptivas, y el rendimiento medio "dentro del año" derivado para que los utilizadores puedan examinar estos datos juntos con otra información que pueden tener de otras fuentes y otros años. La producción esperada, en vez del rendimiento, si esta se considera preferible, puede ser informada. Si el rendimiento medio "dentro del año" derivado difiere del rendimiento medio informado por el agricultor el año anterior (o de su promedio de cinco años), el utilizador se da cuenta de esta diferencia y puede desear modificar su interpretación o evaluación de las perspectivas del cultivo.

Para aplicación a cultivos específicos, la distribución normal puede sesgarse ligeramente si parte del cultivo está en tierra seca o tierra regada; esto puede lograrse mediante la alteración de probabilidades de las colas de la curva normal y los valores de la escala X del modelo. Cuando se cultiva una porción grande en tierra seca y en tierra de riego, se debe hacer un pronóstico aparte para el área de cada clase. En la República Do-

minicana, donde se espera que el café, por mejor administración y por tratar de áreas o árboles bien establecidos, y el arroz por la disponibilidad de agua, exhiban menos fracasos en el rendimiento que lo indicado por la curva normal, se aumentó la probabilidad de la cola derecha de dicha curva. Al contrario, en el caso de maíz y frijol, se esperaría que estos cultivos tuvieran su distribución sesgada en sentido opuesto al del café y maíz.

Gráfico 1 - Curva de Rendimientos Calificados Esperados por los Agricultores en Gran Número de Campos



Escala de calificación:

	F	D	C	B	A	
Possible descripción de la cosecha correspondiente a las calificaciones	Fracaso	Menos que Mediana	Mediana	Mayor que Mediana	Mucho mayor que Mediana	
	Muy mala	Mala	Normal	Buena	Muy buena	
	No cosecha				<u>Destacada, Excelente</u>	
Escala uniforme (estándar) de rendimiento	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0
Centro del intervalo (X_1)	0,2	0,6	1,0	1,4	1,8	

Donde la amplitud de la escala de rendimiento es de 0 a 2,0 y cada una de las 5 categorías cubre la quinta parte del eje X (escala uniforme),

$$E(X) = \sum_{i=1}^5 p_i X_i = 1,00 \text{ (rendimiento normal)}$$

Valores alternativos de la escala desarrollados para usarse en la República Dominicana se basaron en el centro aproximado de la probabilidad asignada al intervalo en vez de usar una escala X uniforme. Los méritos de escalas alternativas comparadas con la escala uniforme no han sido verificados completamente, pero las propuestas han dado resultados aceptables.

Centro de probabilidad en intervalo Z_1	0,08	0,32	1,00	1,68	1,92
---	------	------	------	------	------

2.4 Las Relaciones entre el Tiempo y los Cultivos en la Pronosticación de los Rendimientos

2.4.1 Introducción

Las relaciones entre el tiempo y los cultivos han sido estudiadas por muchos investigadores como un medio de pronosticar los rendimientos de los cultivos. Este concepto se basa en el hecho de que una red de estaciones meteorológicas ha estado recolectando datos sobre temperatura y precipitación durante muchos años, y existen datos sobre rendimientos para el mismo período. En la mayoría de los casos, los rendimientos no tienen ninguna medida de exactitud, y la técnica es en gran parte heurística. En algunos casos las estaciones meteorológicas coinciden con centros regionales importantes de población, en vez de estar distribuidas geográficamente para coincidir con las áreas cultivadas. En estas circunstancias, las relaciones entre cultivos y el tiempo pueden estar distorsionadas y no muy adecuadas para pronosticar los cultivos individuales, salvo que las variables del tiempo estén algo uniformes sobre amplias áreas a tal grado que no sea necesaria una red especial de estaciones para proveer observaciones apareadas. La utilidad de estas técnicas depende de que el clima esté crítico durante una o más etapas fenológicas del cultivo para el área o el país. Muchas de las aplicaciones de esta técnica involucran cultivos que también poseen tendencias tecnológicas marcadas que explican una parte de las variaciones de año a año, y las variaciones del tiempo dan cuenta de las desviaciones de los rendimientos esperados. Generalmente, no hay información fenológica sobre el cultivo.

2.4.2 Efectos Conjuntos de Precipitación y Temperatura

Uno de los problemas en la investigación sobre cultivos y tiempo es el de medir simultáneamente el efecto conjunto de varios factores del tiempo. Por ejemplo, el efecto de dos centímetros de lluvia sobre el rendimiento final de un cultivo depende en gran parte de la temperatura y otros factores del tiempo asociados con esa lluvia durante una etapa crítica de desarrollo.

Una parte del proyecto sobre cultivo y tiempo en los EE. UU. fue el atente de Hendricks y Scholl de desarrollar métodos para medir los efectos conjuntos de varios factores del tiempo. El método incluía el uso de datos mensuales de temperatura y precipitación como indicador de la desviación del rendimiento del maíz del rendimiento esperado. El uso de promedios mensuales puede ser no satisfactorio sin parámetro o factor de modelo que incorpore la ocurrencia de sucesos de corta duración y poco frecuentes en

Las variables que tengan un impacto crítico sobre el rendimiento. En estos casos, el término del error en el modelo expresará muy insuficientemente el error esperado. Modificación de los valores del modelo para la variable del tiempo frecuentemente tiene que hacerse, basada sobre experimentos controlados especiales, puesto que estos fenómenos ocurren infrecuentemente y sus efectos sobre el rendimiento son difíciles de medir cuantitativamente. Los parámetros deben permitir la modificación mediante un multiplicador de evento como $E = (1 + \theta)^n$, donde $|\theta| \ll 1$ (i.e., mucho menos que 1) es el efecto de una sola ocurrencia del evento y n es el número de veces que el evento ocurre en el mes o período del que se toma el promedio. Generalmente, el evento E se supone que ocurre infrecuentemente sobre los años y solamente una o dos veces durante un período, de manera que n es una cifra pequeña. En general, las ocurrencias de sucesos desfavorables son mejor conocidas, porque las etapas críticas de desarrollo ocurren temprano en el desarrollo del cultivo y los eventos se informan mejor en la prensa y la industria agrícola.

Los gráficos (páginas 35-38) para el Estado de Illinois ilustran la técnica desarrollada en 1951 por Scholl y Huddleston para un área donde los factores climáticos generalmente no son críticos pero la tecnología es importante. Sigue una breve descripción de cómo se desarrolló el método. El método se usó primero en forma gráfica, pero más tarde se expresó en ecuaciones.

El primer paso es calcular promedios móviles de 10 años (otros períodos podrían haberse usado) de rendimientos de maíz (gráfico 2) para eliminar los efectos de factores no relacionados con el tiempo (i.e., la tecnología) sobre los rendimientos para que los efectos netos del tiempo podrían ser mejor evaluados. (Obviamente, una desventaja de usar promedios de 10 años es la necesidad de proyectar la tendencia o rendimiento normal para que pueda usarse corrientemente en la pronosticación).

El próximo paso es la construcción de isogramas en un gráfico para cada mes durante el período crítico del desarrollo del cultivo (junio, julio y agosto). Estos gráficos se preparan mediante la entrada en el eje X de la precipitación pluvial mensual (i.e., la precipitación diaria acumulada durante el mes) y en el eje Y los valores de temperatura (i.e., el promedio de las temperaturas medias diarias). Las desviaciones de los rendimientos anuales finales del promedio móvil de 10 años se insertaron en estos puntos. Por ejemplo, suponga una temperatura mensual de 75 grados Fahrenheit y una precipitación de 3,00 pulgadas para uno de los meses

de junio en la serie; también suponga una desviación de rendimiento de la línea de tendencia en la cantidad de +5 bushels para este año dado. La línea que coincide con 3 pulgadas de lluvia en la escala horizontal del gráfico (No. 3) de tiempo para junio se sigue hacia arriba hasta su punto de intersección con la línea que representa 75 grados en el eje vertical. En este punto se entra el valor "+5,0". Esta operación se repite para cada junio en la serie de años. Entonces se dibujan en el gráfico los isogramas que mejor representen desviaciones iguales de rendimiento. Obviamente, se implica cierto juicio o subjetividad en el dibujo de estas líneas. Aun puede ser necesario hacer caso omiso de algunos de los puntos (datos) individuales al dibujar los isogramas. Se usó en este estudio un período de 40 años.

Al dibujar estos isogramas se supone que las desviaciones más radicales en los rendimientos finales son los resultados acumulados debido al tiempo durante varios meses, puesto que nunca ha habido un fracaso en el cultivo del maíz en ningún área geográfica mayor en el Estado de Illinois. Por lo tanto, el valor total de tales desviaciones no deben tomarse en cuenta para ningún mes individual. Parece que no más de la mitad de la desviación extrema debe ser indicada por el isograma de un mes individual. Por ejemplo, los isogramas en el gráfico para julio podrían indicar una amplitud de variación entre -6 y +6 bushels, aunque las desviaciones verdaderas para algunos años individuales sean mayores.

El mismo tipo de relaciones conjuntas entre lluvia, temperatura y rendimientos también se investigó más rigurosamente mediante modelos matemáticos, como:

$$Y = a + bT + cR + d(TR) \quad (1)$$

$$o \quad Y = a + bT + cR + d(TR) + gT^2 + hR^2 \quad (2)$$

donde T = temperatura media mensual

R = precipitación mensual

y $a, b, c, d, g, y h$ son parámetros de regresión

Los gráficos mensuales individuales mostrando los efectos conjuntos estimados de temperatura y precipitación, después de eliminar tendencia, se dan como gráficos 3, 4, y 5 para la ecuación (1). Estos gráficos fueron generados por una computadora.

Con el fin de limitar los efectos sobre rendimientos atribuibles a un mes individual, se podrían dividir por dos o tres las desviaciones del rendimiento medio, como se hizo en el método gráfico. Esto es equivalente a dividir los parámetros calculados de tendencia (b, c, g, h) para un mes

por 2 ó 3 en la forma alternativa de la ecuación de regresión (1).

$$Y_t = \bar{Y} + \frac{b}{2} (\tau_t - \bar{\tau}) + \frac{c}{2} (R_t - \bar{R}) + \frac{d}{2} (TR - \overline{TR}) \quad (3)$$

donde \bar{Y} = rendimiento normal basado en la tendencia (o el rendimiento medio del período de base, si no existe tendencia)

$\bar{\tau}$, \bar{R} , y \overline{TR} son los promedios para el período base

τ_t , R_t y TR son los valores mensuales para el año t.

Una manera alternativa de ajustar los parámetros de tendencia para un mes es multiplicar por el coeficiente de correlación cuadrado, R_1^2 ,

dividido por $\sum_{i=1}^3 R_i^2$, donde R_i^2 es el coeficiente de correlación múltiple

cuadrado para un mes individual. Sin embargo, junio y julio eran los meses claves. La relación para agosto era la menos importante, puesto que después de la floración en julio la planta está plenamente desarrollada y es menos importante la cantidad de humedad en el suelo.

GRAFICO 2 - MAIZ EN ILLINOIS - PROMEDIOS MOVILES SIMPLES
DE DIEZ ANOS DEL RENDIMIENTO POR ACRE

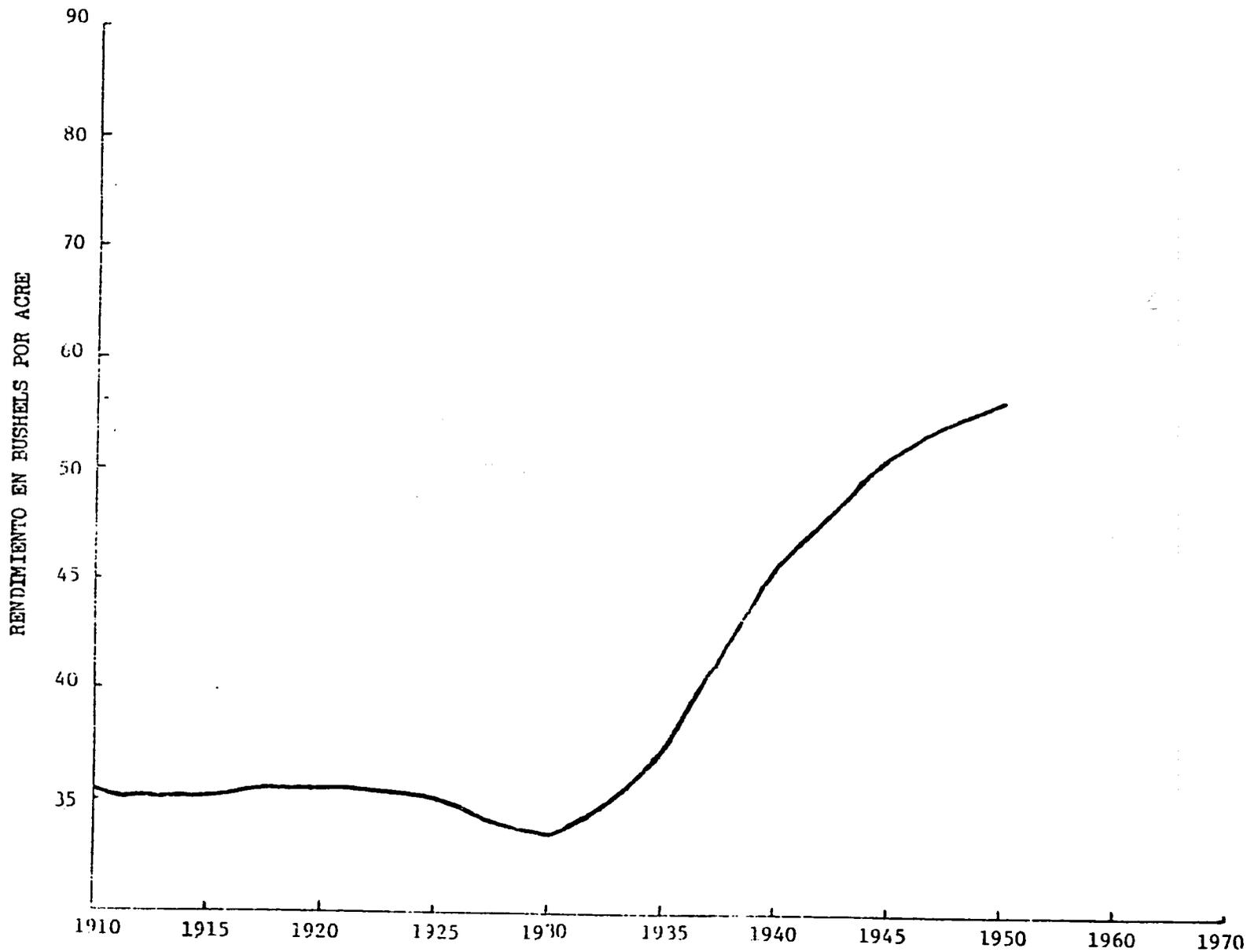


GRAFICO 3 -- ISOGRAMAS DE DESVIACIONES DE RENDIMIENTO, BASADOS EN LA ECUACION DE REGRESION DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE JUNIO:

$$Y' = 173,801 - 43,275R - 2,475 + 0,6208RT$$

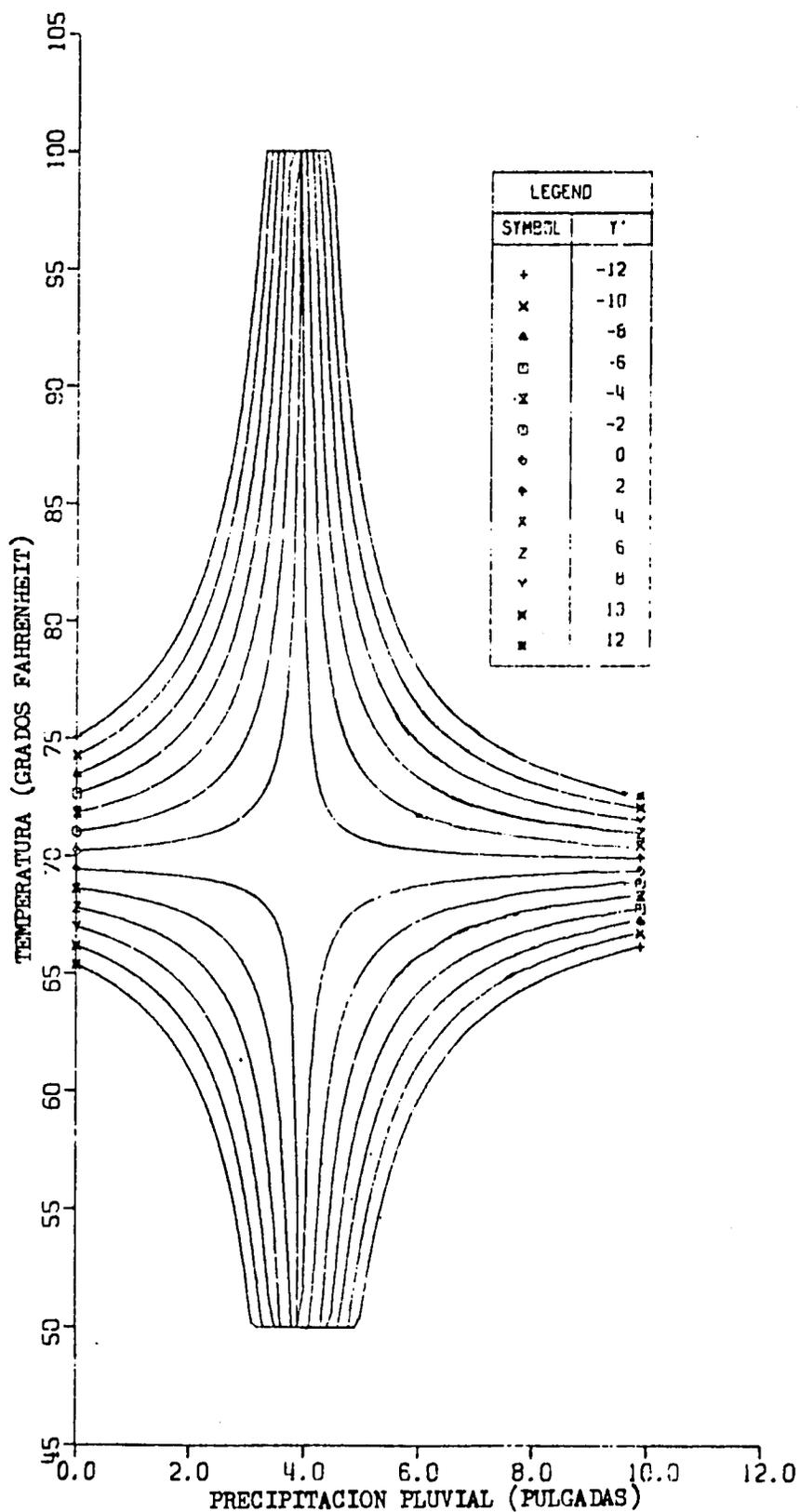


GRAFICO 4 - ISOGRAMAS DE DESVIACIONES DE RENDIMIENTO, BASADOS EN LA ECUACION DE REGRESION DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE JULIO:

$$Y' = 89,939 - 23,66R - 1,263T + 0,3397RT$$

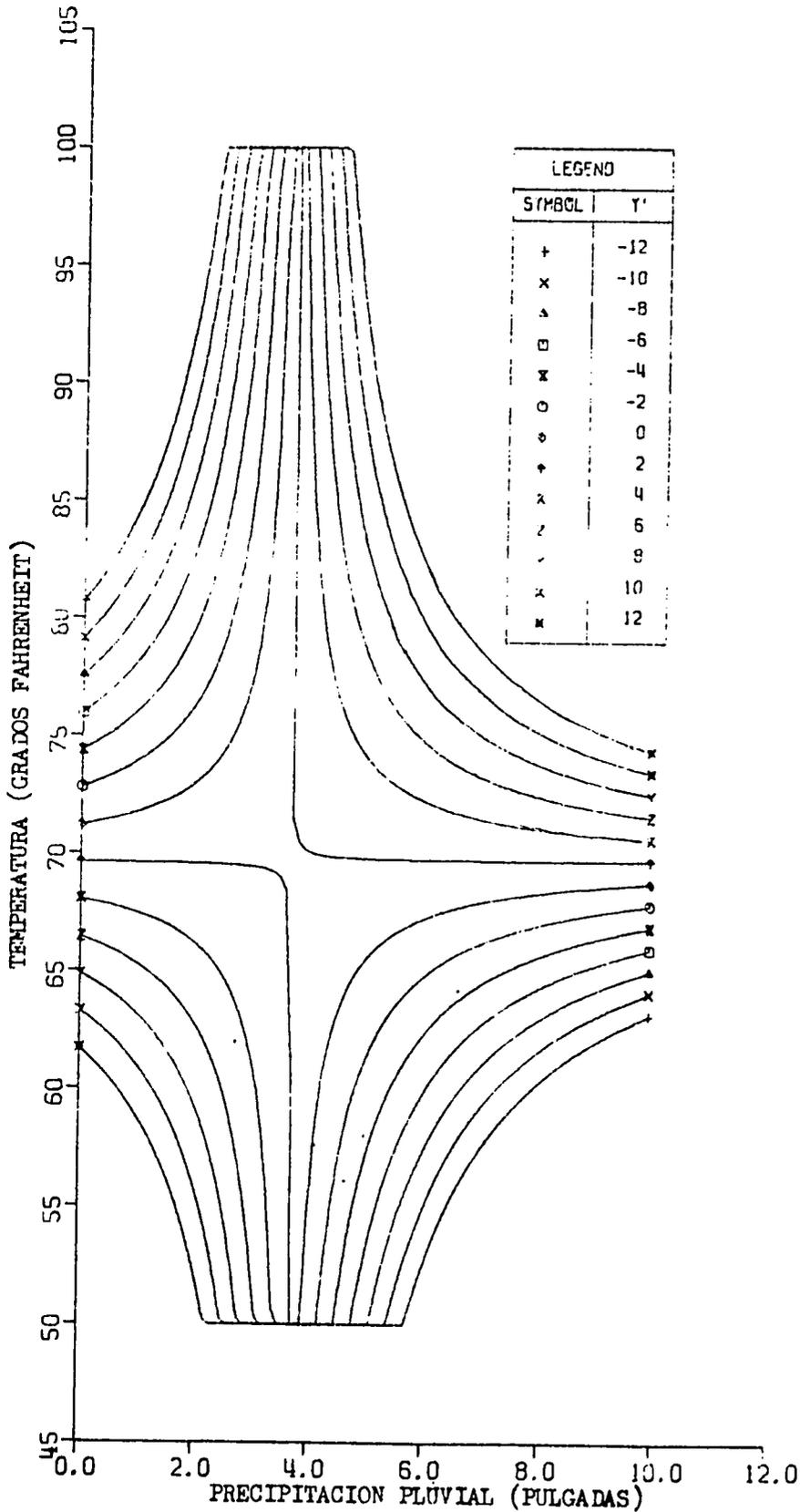
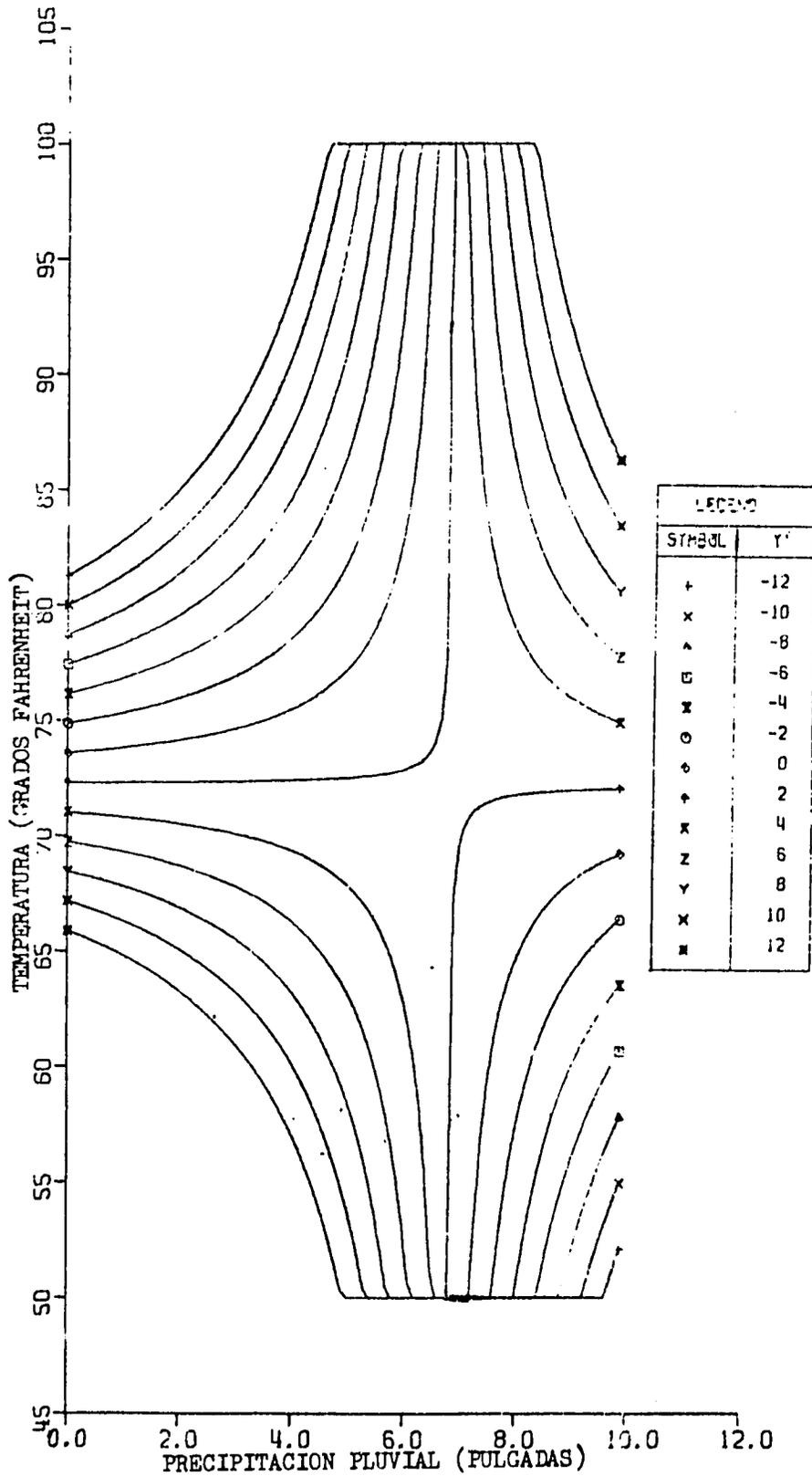


GRAFICO 5 - ISOGRAMAS DE DESVIACIONES DE RENDIMIENTO, BASADOS EN LA ECUACION DE REGRESION DE PRECIPITACION Y TEMPERATURA DE AGOSTO:

$$Y' = 114,710 - 16,328R - 1,559T + 0,2261PT$$



2.4. 3 Pronosticación Agrometeorológica de Rendimientos de Cultivos

En la URSS mucha atención se ha prestado a la investigación científica de las relaciones entre la productividad de cultivos básicos y las condiciones agrometeorológicas. Planova y otros investigadores han desarrollado métodos para la pronosticación agrometeorológica de rendimientos de cultivos y la preparación de guías sobre las perspectivas de la cosecha. Las relaciones descubiertas entre la productividad de cereales y las condiciones agrometeorológicas también se usan para dividir el territorio de un Estado o de un país entero entre áreas agrometeorológicas al estimar la extensión de recursos climáticos favorables para el desarrollo de un cultivo. Se han encontrado relaciones en el caso de los cereales básicos, el trigo primaveral e invernal, y también el maíz.

Se han encontrado relaciones cuantitativas entre el rendimiento del trigo invernal y el almacenamiento de agua en el suelo en la primavera. Se descubrió que los factores inerciales principales para el rendimiento futuro de trigo invernal en la zona de tierra negra son el almacenamiento de agua en la capa superior del suelo de un metro de profundidad y el número de tallos de trigo invernal por metro cuadrado del suelo en la primavera. La precipitación en verano tiene menos importancia, y la dependencia del rendimiento de trigo invernal de la precipitación en el verano (sin tomar en cuenta la humedad en el suelo y la condición del trigo invernal) es baja.

La temperatura durante el período primavera-verano en las regiones de tierra negra en la URSS es completamente suficiente (i.e., no crítica) para el trigo invernal.

El análisis de una larga serie de datos revela que, aunque los rendimientos de trigo invernal en la Ucrania y en el norte del Cáucaso dependen principalmente del almacenamiento de agua primaveral durante muchos años, puede encontrarse una buena relación pronóstica entre rendimientos de los cultivos y el almacenamiento de agua primaveral mediante una cuenta de los tallos que sobrevivieron el invierno.

Se sabe que el número de tallos de trigo invernal durante el período de vegetación de primavera y verano no es constante, pero el número de tallos en la primavera puede considerarse como un indicador del número probable de tallos con espiga en el futuro.

Como resultado de observaciones en el campo del trigo invernal llevadas a cabo por estaciones hidrometeorológicas y agrometeorológicas, se encontró una relación bastante estrecha entre el número de tallos con espigas maduras (Y) y el número de tallos en la primavera (X) en varios tipos de trigo invernal.

En el caso del trigo invernal de la variedad Belotserkovskaya 198, la ecuación que representa la relación es:

$$Y = 0,22X + 199,0 \quad r = 0,75$$

y para trigo invernal de la variedad Bezostaya 1:

$$Y = 0,24X + 241,2 \quad r = 0,79$$

En el trigo invernal de variedades Odesskaya 3, 12, y 16, las relaciones cuantitativas entre el suministro efectivo de humedad en el suelo en la primavera y el número de tallos en la primavera se dan abajo para agrotécnicas avanzadas en las mismas tierras descansadas en las tierras negras de zonas de estepa y bosque-estepa en la Ucrania y el norte del Cáucaso.

Las ecuaciones se dan para los rendimientos más probables (Y) que se esperan y también para los rendimientos más altos (Y_h) y los más bajos (Y_L) que se pronostican de la humedad (X) en milímetros que se encuentra en la capa superior de un metro de profundidad del suelo durante abril, mayo y junio.

Las ecuaciones de regresión de rendimiento de trigo invernal sobre el suministro de humedad en años de condiciones favorables en otoño e invierno cuando el número de tallos de trigo invernal fue de 1.000 a 2.000 por metro cuadrado tienen la siguiente perspectiva:

- (a) rendimientos más bajos (Y_L) en condiciones desfavorables en abril, mayo, y junio:

$$Y_L = 0,24X - 16,0$$

- (b) rendimientos más altos (Y_h) en condiciones más favorables en abril, mayo, y junio:

$$Y_h = 0,24X - 4,4$$

- (c) rendimiento más probable (Y) de trigo invernal en un año dado:

$$Y = 0,24X - 10,2$$

El coeficiente de correlación de esta relación es $r = 0,86$. Un error de la ecuación de regresión es $S_y = \pm 3,4$ cent/ha. *

La relación de rendimiento de trigo de variedades Odesskaya 3, 12, y 16 al suministro primaveral de humedad en condiciones desfavorables en otoño o invierno con un número pequeño de tallos en primavera (400-900 por metro cuadrado) se expresa en las siguientes ecuaciones:

- (a) los rendimientos más bajos en condiciones de tiempo desfavorable en abril, mayo, y junio se presentan como sigue:

$$Y_L = 0,2X - 15,0$$

* El centner es unidad de peso = 100 kilogramos

- (b) los rendimientos más altos (Y_h) en las condiciones de tiempo más favorables en abril, mayo, y junio tienen la perspectiva:

$$Y_h = 0,2X - 7,2$$

- (c) los rendimientos más probables que se pueden esperar (Y) tienen la perspectiva:

$$Y = 0,2X - 11,1$$

(El coeficiente de correlación es $r = 0,89$. Un error de la ecuación de regresión es $S_y = \pm 2,9$ cent/ha.)

En las ecuaciones, X es el suministro de agua productiva (mm) debajo del

trigo invernal en una capa de suelo de un metro de profundidad a una temperatura diaria media de $+ 5^{\circ}$ en primavera, y todas las ecuaciones obran dentro de la amplitud de variación de 100 a 200 mm en el suministro de agua primaveral. La técnica se basa sobre la pronosticación del rendimiento de la humedad en el suelo durante abril, mayo, y junio, después de "acondicionar" el rendimiento sobre el número esperado de tallos por metro cuadrado.

2.4.4 Variables Ambientales Auxiliares y Rendimientos

Variabes como la temperatura diaria o por horas, lluvia, radiación solar, minutos de luz solar, temperatura a que se forma el rocío, y otras se usar para derivar nuevos parámetros directamente identificables con los procesos de desarrollo de las plantas. Las variables físicas y fisiológicas que comúnmente se derivan son la fotosíntesis, el agua disponible en el suelo, la evaporación y transpiración, intercepción de luz, albedo, y temperatura del follaje. Aunque sería posible medir algunas de estas variables directamente, el costo de la instrumentación y la recolección de datos para una extensa red de localidades estaría fuera del alcance del presupuesto normal de la mayoría de los utilizadores de los datos. Como consecuencia, la mayoría de estas variables se estiman o se aproximan mediante relaciones con datos del tiempo normalmente recolectados por una red establecida de estaciones experimentales o meteorológicas. Sin embargo, estas estaciones generalmente están muy esparcidas o la ubicación del equipo no es representativa del ambiente abarcado por un cultivo comercial muy diseminado. Estos dos factores introducen error en las variables "independientes" o de predicción, lo que conduce al sesgo en los parámetros estimados del modelo, tal como se mencionó antes.

La idea de relacionar rendimientos de cultivos con variables derivadas, como la evapotranspiración, no es nueva. Presentamos un modelo, pero ha habido muchos atentos durante este siglo de utilizar la evapotranspiración. Las suposiciones básicas son que (1) el agua es el factor limitante principal en la mayoría de las situaciones en la producción de cultivos, y (2) a medida que la transpiración se disminuye por carestía de agua, la fotosíntesis se disminuye proporcionalmente y así afecta la producción de fotosintatos (rendimiento).

Kanemasu ha descrito un modelo versátil y efectivo de la evapotranspiración. Este modelo ha sido adaptado y probado en el caso del trigo invernal en el Estado de Kansas con algo de éxito, y se ha aplicado a la soya con mejores resultados. El rendimiento (verdadero) y los datos del modelo estaban disponibles para varias ciudades y para los años de cultivo 1974-75 y 1975-76. Ciertas localidades fueron seleccionadas como puntos de calibración, y análisis de regresión de varias formulaciones de modelos para la pronosticación de rendimiento fueron evaluadas. Las diferencias en rendimiento de trigo estaban relacionadas con el número de días en cada etapa de crecimiento -- los rendimientos mayores ocurrían en las estaciones ~~prolongadas~~.

El modelo más aceptable físicamente que daba valores razonables de R^2 entre los rendimientos observados y los pronosticados era como sigue:

$$Y = A \prod_{n=1}^3 (\sum(T/E_o)_n)^{\lambda_n}$$

donde Y = bushels de trigo invernal por acre

n_1 = período entre emergencia y formación de nodos

n_2 = período entre formación de nodos y el espigamiento

n_3 = período entre espigamiento y etapa de grano pastoso

λ_n = factor de ponderación para etapa de crecimiento

T = transpiración diaria verdadera

E_o = evapotranspiración potencial de un suelo mojado (diaria)

A = constante multiplicadora

El modelo ajustado es como sigue:

$$Y = 2,856(\sum(T/E_o))_1^{0,172} \cdot (\sum(T/E_o))_2^{0,104} \cdot (\sum(T/E_o))_3^{0,646}$$

y $R^2 = 0,54$.

Sin embargo, los rendimientos en 1975-76 parecen estar a un nivel un poco más alto que los de 1974-75, lo que sugiere que se han omitido del modelo uno o más factores de importancia. El gráfico 6 muestra los valores pronosticados comparados con los observados en el Estado de Kansas. Puede verse que los pronósticos siguen razonablemente bien la extensión de valores observados.

Se presenta un segundo modelo basado sobre índices de tiempo derivados e insumos administrativos para el trigo en Turquía. Las variables de tiempo usadas en las ecuaciones de rendimiento requirieron temperaturas mensuales y precipitación mensual para enero, febrero, mayo, y junio de la estación meteorológica de Ankara. Índices de aridez mensuales se encontraron de acuerdo con $I = 12P/(T + 10)$, donde P representa la precipitación en milímetros y T representa temperatura en grados centígrados. Por ejemplo, la temperatura de $4,2^{\circ}$ C en enero de 1970, con una precipitación de 47,5 milímetros, da $570/14,2 = 40,1$. Por el mismo modo se obtiene un índice de 49,4 para febrero. Para mayo y junio de 1970 los índices son 6,9 y 12,0, respectivamente. Al combinar los meses, los valores mensuales son ponderados por la razón de sus variancias, las que son para enero y febrero aproximadamente 2,5:1. Para mayo y junio, la razón es 2:1. Se supone que estas razones no cambian de año a año. Por lo tanto, el índice para enero y febrero es 45,4 -- $(2,5 \times 47,5 + 40,1)/3,5 = 45,4$. De modo similar, para mayo y junio, el valor es 8,6 -- $(2 \times 6,9 + 12,0)/3 = 8,6$. Por el mismo método, para enero y febrero de 1969 el índice es 85,7 y para mayo y junio es 21,4. Estos valores ahora se usan en las ecuaciones de estimación.

Si se desea una estimación antes de tener a mano los datos para junio, es posible usar un valor calculado de los promedios de temperatura y precipitación sobre un período largo; en este caso, $20,0^{\circ}$ C y 30,6 mm, porque ellos son los valores esperados, basados en la serie histórica. El índice 9,2 para junio que resulta puede usarse hasta que se obtengan los datos para junio. El modelo completo para rendimiento es como sigue:

$$Y = 9,18 + 0,00098F - 0,0148JF + 0,0706MJ$$

y $R^2 = 0,70 \quad SD = 1,074$

donde Y = quintales de trigo por hectárea

F = fertilizante usado (en unidades de tonelada métrica)

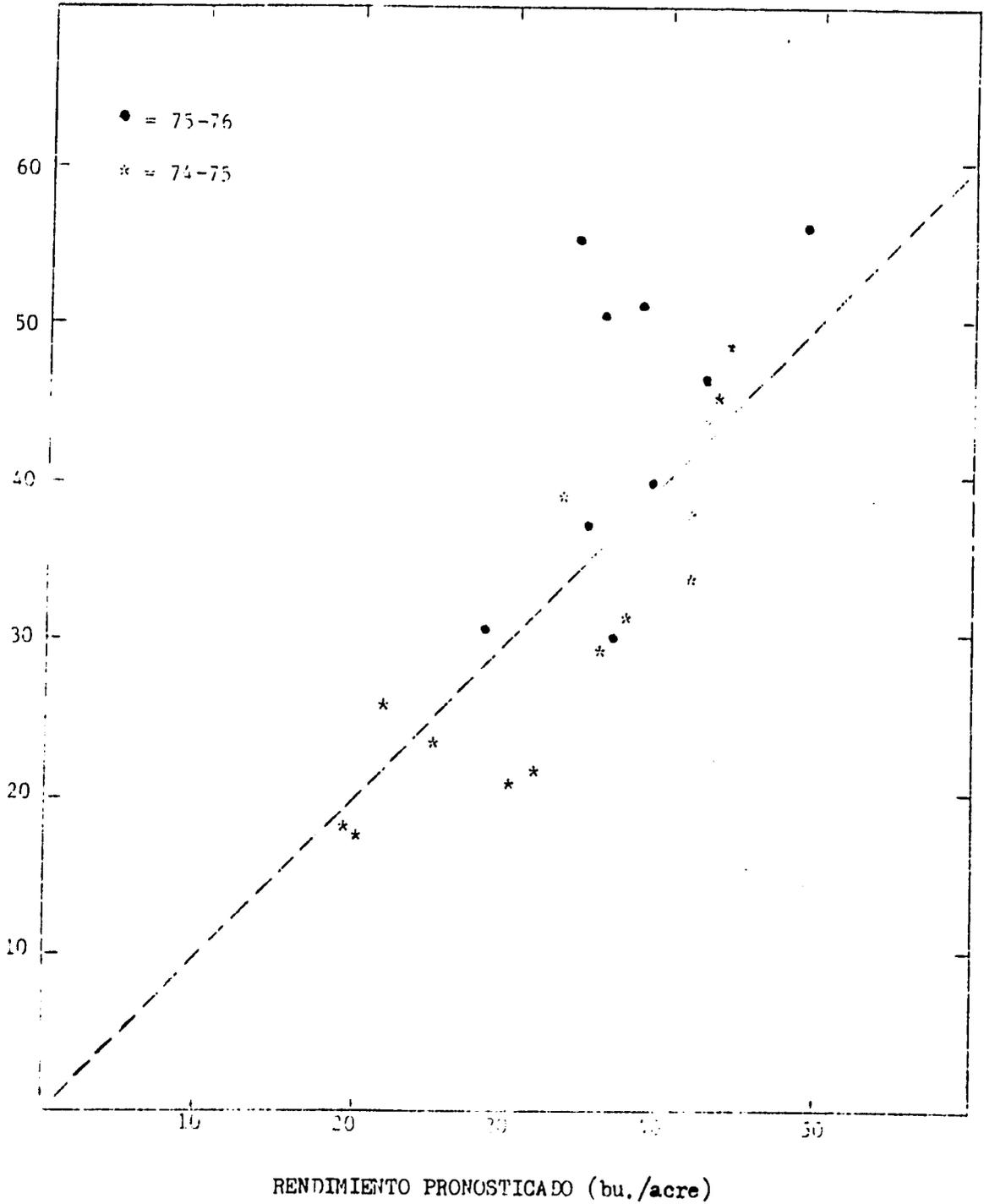
JF = índice de aridez De Martoneau para Ankara en enero-febrero

MJ = índice de aridez De Martoneau para Ankara en mayo-junio

SD = Error estándar de la estimación a las medias históricas de las variables de predicción

R^2 = coeficiente de correlación

GRAFICO 6 - RENDIMIENTOS OBSERVADOS vs RENDIMIENTOS PRONOSTICADOS PARA TRIGO INVARNAL EN KANSAS, UTILIZANDO MODELO DE EVAPOTRANSPIRACION



2.5 Estimación de Rendimientos por las Características de las Plantas

2.5.1 Introducción

La pronosticación de rendimientos de los cultivos por cuentas y mediciones de las plantas, en vez de basarla en los informes de los agricultores sobre rendimientos esperados y la condición del cultivo, tiene por lo menos dos ventajas mayores: (1) la producción de información auxiliar, ya disponible o lograda mediante modificaciones menores en la recolección de datos, y (2) mayor objetividad en los conceptos de datos y rendimientos. La información auxiliar posiblemente útil incluye características de la calidad del cultivo y tendencias en la técnica agrícola (i.e., componentes o atributos del rendimiento que cambian con el transcurso del tiempo) y comparaciones entre variedades o prácticas culturales. Con respecto a la objetividad, los pronósticos basados sobre el juicio humano, como las evaluaciones de los agricultores, tienden a ser conservadores en que son demasiado altos en años malos y demasiado bajos en años buenos. Es decir, las evaluaciones reflejan excesivamente el promedio de rendimientos de años pasados. Además, las evaluaciones de los agricultores pueden no incluir una reflexión exacta del impacto de cambios en variedades o prácticas culturales. Aunque los cambios en las prácticas culturales pueden alterar los parámetros en los modelos basados en las características de las plantas, el impacto de tales cambios sobre el número de frutos y su tamaño se mide corrientemente. Un sistema de pronosticación basado sobre cuentas de plantas y mediciones generalmente se cree más indicativo de cambios en las prácticas culturales que las evaluaciones de los agricultores.

Dentro de cada campo muestral se seleccionan pequeñas parcelitas, generalmente mediante un sistema de coordenadas aleatorias. Estas parcelitas a menudo se deslindan según un sistema que permite volverlas a visitar durante la estación de desarrollo del cultivo para obtener los datos necesarios para relacionar las características de la planta con los componentes requeridos para pronosticar el rendimiento. Las parcelas se cosechan en cuanto esté maduro el cultivo, con el fin de estimar el rendimiento del campo entero. Inmediatamente después de la cosecha se vuelven a visitar los campos para medir en otra muestra de parcelitas las pérdidas en la cosecha comercial; es decir, la cantidad de fruto dejada en el campo.

En el desarrollo de modelos estadísticos, se podrían considerar tres períodos, porque cada uno presenta un problema distinto. El primero es el período corto inmediatamente antes de la cosecha, que se llama precosecha (después de la madurez fisiológica), cuando el problema se limita al desarrollo de técnicas adecuadas de muestreo y estimación, puesto que no está

involucrada la pronosticación. Estas técnicas fueron discutidas antes bajo el tema del corte de muestras. No todos los campos se maduran al mismo tiempo, de modo que las fechas de este período de precosecha pueden variar de campo a campo, lo que requiere un conocimiento previo de la fecha en que probablemente esté listo el campo para la cosecha. Esto se sabe de las observaciones hechas durante la estación de desarrollo sobre la etapa de crecimiento y de contactos con los agricultores en las áreas locales, o de información suministrada por ellos.

El segundo período podría describirse como postimería de la estación, o el de acumulación de materia seca en el "fruto" *. Empieza cuando todo el fruto haya nacido, o cuando el fruto por nacer no tiene ninguna probabilidad de contribuir al rendimiento. Por lo tanto, para el segundo período como lo hemos definido, el problema es el de predecir la sobrevivencia del fruto y el tamaño medio del fruto (o las partes de él que son de interés comercial en la cosecha).

El tercer período, que es el principio de la estación, es el tiempo después de que la planta haya desarrollado una porción de su estructura foliar y hasta que llegue a la floración o a aparición de la barba en la mazorca. Este período es el de actividad vegetativa, cuando la estructura de la planta se está estableciendo, de modo que ya no existe duda acerca de la sobrevivencia de las plantas por causas naturales. Hay un cuarto período inmediatamente después de la siembra o antes de la emergencia de las plantitas de granos invernales (en los climas fríos) que está sujeto a demasiadas incertidumbres para permitir el desarrollo de una relación confiable basada principalmente en las características de las plantas que sea útil en la pronosticación del tamaño o peso de los componentes del rendimiento.

2.5.2 Medición de Rendimientos en el Período de Precosecha

Como ya se indicó, el problema en la estimación en la precosecha es principalmente el de muestrear y estimar, y no pronosticar. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que las estimaciones en la precosecha (ajustadas para las pérdidas en la cosecha) pueden estar en un nivel distinto del de las estimaciones derivadas de los informes por los agricultores. ¿Cuál de las dos es correcta, si alguna sea? Puesto que los sesgos potenciales son

* En esta obra "fruto" se usa en el sentido botánico e incluye las partes en desarrollo que tienen la potencial de contribuir al producto que se cosecha.

inherentes en cualquier procedimiento, es importante que se tomen medidas para averiguar la validez de la técnica de muestreo y estimación en el período de precosecha. La probabilidad de selección de cada parcelita es muy pequeña, de modo que hay que poner mucha atención para evitar la ocurrencia de errores no aleatorios. Los trabajadores de campo pueden no ser completamente objetivos en el proceso de localizar las parcelitas de muestra. O, si las parcelitas se submuestran para ciertas características, puede haber oportunidad de entrar sesgo en las técnicas de submuestreo. También pueden ocurrir casos en que la definición del fruto que ha de cosecharse es reemplazada por una definición o interpretación personal del trabajador. Por lo tanto, hay que enseñarles a los trabajadores a que adquieran tal actitud hacia el trabajo que la ejecución de las operaciones se conforme al modelo y sea posible derivar una estimación insesgada del parámetro.

El Statistical Reporting Service (Servicio de Información Estadística) de los EE. UU. ha operado desde 1965 un programa de muestreo en la precosecha de trigo invernal, maíz, algodón, y soya, tal como se resume en la tabla 7. También se toman medidas para pronosticación el primer día de mayo, de junio y de julio en el caso de trigo invernal, y el primer día de agosto, de septiembre y de octubre en el caso de los cultivos sembrados en la primavera (maíz, algodón, y soya).

Tabla 7 - Muestreo de Precosecha en 1965

Cultivo	Número de campos muestreados	Tamaño aprox. de parcelita en acres	Tamaño aproximado de la población		Error estándar de rendimiento estimado por acre
			Acres en millones	Porcentaje del total en EE. UU.	
Trigo invernal	2,300	0,0001	31,4	91	0,25 bu.
Maíz	3,000	0,0023	54,5	95	0,70 bu.
Soya	1,900	0,0004	27,2	95	0,30 bu.
Algodón	2,600	0,0015	13,9	97	7,50 lb.

* Se seleccionan dos parcelitas de cada campo.

Hay varias maneras de obtener una comprobación válida de independencia, según el cultivo. Considere el maíz, por ejemplo. Los agricultores generalmente no han pesado las cantidades cosechadas, y a menudo tienen solamente medidas aproximadas de volumen, de manera que un concepto nuevo y más riguroso de rendimiento por acre se introduce y se define para fines de compro-

bación. Para obtener una buena comprobación de independencia, podría hacerse un arreglo especial con un pequeño número de agricultores para obtener el peso total y otras medidas pertinentes para toda la cosecha de ciertos campos individuales. Se seleccionarían parcelitas de muestra en estos campos y se cosecharían, usando procedimientos idénticos a los usados en la encuesta. El número de parcelitas por campo y en total tendría que ser suficientemente grande para dar estimaciones con pequeños errores de muestreo, de manera que sería posible descubrir al nivel de campo cualquier sesgo importante.

Puede ser necesario hacer ajuste para factores como diferencias en el contenido de humedad en el momento del muestreo de precosecha y en el momento de la cosecha. También, al comparar estimaciones de rendimiento con el rendimiento verdadero del campo entero cosechado, hay que estar alerta para notar cualquier inconsistencia en los conceptos de área. Uno de los problemas nace de la posible diferencia entre el área verdadera del campo de donde se seleccionaron las parcelitas de muestra y la cifra que informa el agricultor como el área del campo. Sin embargo, la introducción de un concepto de rendimiento basado en peso tiene poca probabilidad de ofrecer problemas en un país sin una serie de rendimientos oficiales anteriores, puesto que no se trata de un cambio de concepto. La tabla 8 muestra algunos resultados de un estudio de validación para la precosecha de campos de maíz. El estudio sugiere que el procedimiento de corte en la precosecha resulta en rendimientos un poco más altos que los del procedimiento comercial normal de cosechar. Sin embargo, con excepción de un solo Estado, las diferencias están dentro del error de muestreo. No existe evidencia substancial que sugiera la razón de esta diferencia, pero el componente más probable es el peso del grano por mazorca. Una fuerte sospecha es que la diferencia se debe a la cantidad de grano recobrada por mazorca, o la báscula perdió su ajuste durante la operación del corte. Se habría encontrado una diferencia mayor en los rendimientos si no se hubiera medido el área, puesto que la misma área se usó para derivar el rendimiento por corte de muestras y el rendimiento por cosecha comercial. En la región maicera de los EE. UU. la diferencia entre el área cultivada informada por los agricultores y el área neta medida ocupada por las plantas es como del 2 al 3 por ciento. Resultados anteriores de Suecia indican que es muy bueno el acuerdo entre el rendimiento biológico ajustado para desperdicios y las estimaciones de rendimiento hechas por los agricultores.

Tabla 9 - Estudio de Validación para el Maíz

Estado	Número de campos	Acres cosechados (medidos)	Encuesta de precosecha							
			Pares de parcelitas por campo	Mazorcas por parcela (hileras de 60')	Peso de grano por mazorca con 15,5% agua	Contenido de agua en el grano en el campo	Rendimiento bruto con 15,5% agua	Rendimiento neto con 15,5% agua	Error estándar de rend. neto	Cosecha comercial de grano con 15,5% agua
					(lbs)	(%)	(Bu)	(Bu)	(Bu)	(Bu)
Illinois	13	340	18	57,4	0,420	24,3	92,3	86,9	1,5	85,3
Indiana	16	245	18	66,0	0,519	25,4	134,4	123,5	1,2	117,1
Iowa	16	325	18	60,2	0,399	22,2	91,9	84,7	1,1	84,6
Missouri	16	271	18	53,0	0,414	18,8	84,2	74,9	1,0	72,4

2.5.3 La Pronosticación de Rendimiento del Maíz Basada en las Partes de las Plantas

El desarrollo de fórmulas objetivas de pronosticación de rendimientos que se refieren a fechas específicas de pronosticación generalmente descansan sobre características observables de las plantas y un conocimiento suficiente del comportamiento de las plantas con respecto a la formación de fruto, de modo que las características observadas en cualquier fecha pueden traducirse en una indicación de rendimiento. Los estudios aquí presentados corresponden a las fechas de pronosticación del 1^o de agosto, 1^o de septiembre, y 1^o de octubre. Las observaciones de campo, en cada caso, fueron hechas durante la semana anterior. En general, las técnicas pueden aplicarse a la mayoría de cultivos de granos, con pequeñas variaciones. Los modelos básicos de rendimiento son los mismos. El rendimiento por área se define en términos de sus componentes:

$Y = \text{plantas por unidad de área} \times \text{fruto por planta} \times \text{granos por fruto} \times \text{peso por grano (ajustado para pérdidas de cosecha comercial)}$.

Cada componente de este modelo se basaría en un juego específico de ecuaciones lineales o no lineales de pronosticación o, en la terminología de computadoras, distintas subrutinas. Modelos alternativos para el maíz, no basados sobre componentes de rendimiento sino sobre características de la planta, también podrían considerarse. Tal modelo podría incluir las

características de las plantas, como área basal del tallo, altura de la planta al florecer, número de hojas y su tamaño, etc. Es probable que las correlaciones dentro-del-año de estas características con el rendimiento cosechado sean moderadamente altas, pero diferirían según variedades y áreas.

Temprano en la estación, las mazorquitas o brotes de ellas que pueden ya estar presentes pueden contarse en las parcelitas de muestra. Pero cuando se hacen cuentas antes de que todas las mazorcas hayan tenido oportunidad de salir, otras características de la planta tienen que ser usadas para indicar la pauta de aparición de las mazorcas o de la barba.

A medida que el cultivo madura, las mazorcas alcanzan su longitud máxima antes de llegar a la etapa de grano semiduro, de manera que el tamaño medio de las mazorcas que se cosecharán puede averiguarse mediante medición directa. La cantidad media de grano maduro que será producida por cada mazorca se relaciona estrechamente con la longitud (o tamaño indicado por longitud multiplicada por diámetro) de la mazorca madura. La longitud máxima de la mazorca se alcanza muy antes de la maduración del grano. Para averiguar si una mazorca ha alcanzado su longitud máxima en una fecha dada de pronosticación, hay que considerar el grado de madurez o la edad de la mazorca. Muchos estudios sobre el maíz muestran que las mazorcas en la etapa de grano lechoso han alcanzado su longitud máxima. Por lo tanto, mediciones de mazorcas en esta etapa se usaron para pronosticar el peso medio del grano por mazorca en el momento de la cosecha.

Cuando el maíz ya está maduro en una fecha de pronosticación, muestras de mazorcas pueden cosecharse, pesarse y sujetarse a análisis de laboratorio para calcular el peso medio de grano por mazorca con un contenido estándar de humedad.

No todas las mazorquitas habrán aparecido el 1^o de agosto en todos los campos en la región maicera principal de los EE. UU. Un modelo para el 1^o de agosto tiene que proveer primero un pronóstico del número de mazorcas que estarán presentes en el momento de la cosecha. Sin embargo, las mazorcas que no han aparecido el 1^o de agosto contribuirán muy poco a la cantidad cosechada, en la mayoría de los años. También hay que pronosticar la cantidad de grano que será producida por mazorca.

Para el 1^o de septiembre, todas las mazorcas que tengan oportunidad de alcanzar la madurez ya están presentes y la mayoría están bien desarrolladas, de manera que la presencia de granos es perceptible. Pero en muchos campos las mazorcas todavía no han depositado toda la materia seca

en los granos. El peso del grano llega a su máximo cuando su contenido de humedad se haya disminuido al 30 por ciento, o unos 60 a 70 días después de haber salido la barba.

Para el 1^o de octubre, casi todas las mazorcas han logrado el contenido de materia seca que puede esperarse en el momento de la cosecha, excepto en los campos de maduración demorada. En partes de los Estados Norteños, la acumulación de materia seca puede ser interrumpida por una helada fuerte antes de realizarse el pleno rendimiento potencial. Si la helada ocurre suficientemente tarde, las mazorcas todavía pueden cosecharse para el grano, pero esto será más liviano que habría sido sin la helada. Si la helada ocurre más temprano, las mazorcas pueden estar tan inmaduras que será necesario usarlas para otro propósito, y no para grano. Si esto ocurre, la contribución de estas mazorcas a la producción total de grano puede ser cero o sin importancia para el rendimiento, puesto que el área ahora estará dedicada a otro propósito.

2.5.3.1 Relaciones para el Pronóstico del 1^o de Agosto de Rendimiento

Las relaciones que se presentan en esta sección y en las subsecuentes tienen como objetivo el ilustrar métodos que han sido probados y encontrados de utilidad en varias etapas de un programa que ha seguido en operación desde 1960 en grandes áreas geográficas. Si se deseara un modelo óptimo para cada Estado o pequeña área individual, se requerirían parámetros diferentes para el área pequeña. Se considera primero el pronóstico del número de mazorcas que se producirán. Una mazorca o brote de mazorca se define como una que ya se ha desarrollado al grado de que salen barbas de la punta de la mazorca. Al 1^o de agosto todas las mazorcas o brotes de ellas que tienen oportunidad de madurar ya están presentes en las plantas en los Estados Sureños. En unos pocos campos en las partes más norteñas de los Estados Sureños, y en los Estados Norte-Centrales, las mazorcas y brotes presentes son menos que el número que se encontrará a la madurez.

Las observaciones de las plantas fueron hechas en dos secciones de dos hileras de 15 pies de largo cada una en cada campo de muestra. Si las mazorcas en estas pequeñas parcelitas ya han alcanzado la etapa de grano lechoso, hay poca probabilidad de que aparezcan más mazorcas después. La cuenta de mazorcas representa todas las mazorcas que se formarán. Pero si ninguna mazorca ha llegado a la etapa de grano lechoso, el número total de mazorcas que se formarán tiene que pronosticarse. Se describen dos métodos de hacer este pronóstico.

El primer método involucra la cuenta de los tallos en las parcelitas y la suposición de un número constante de mazorcas por tallo de año a año. El segundo método supone una relación lineal fija entre la fracción de tallos con mazorcas el 1° de agosto y la razón de mazorcas ya presentes al número total de mazorcas maduras que se producirán. Ambos métodos dieron más o menos los mismos resultados, y parece que el mismo tipo de relaciones rige en ambas regiones. El segundo método podría ser preferible si el número de mazorcas producidas por tallo fuera sujeto a mayor variación de año a año. Sin embargo, la introducción de nuevas variedades o cambios importantes en la densidad de siembra por área bien podrán invalidar los valores de parámetros para ambos métodos. En este caso, un modelo transitorio o de año individual sería indicado para este componente.

Datos recolectados por un período de años muestran que el número de mazorcas maduras producidas en 60 pies (i.e., dos parcelitas) de una hilera se relaciona con la cuenta de tallos del 1° de agosto, como se ve en la tabla 9. Los datos en esta tabla y en otras que siguen se basan sobre líneas de regresión dibujadas a mano libre en diagramas en que se habían entrado los datos originales y los promedios de grupos.

Tabla 9 - Número de Mazorcas Maduras Producidas por 60 Pies de Hilera, y Relación a la Cuenta de Tallos del 1° de Agosto

Cuenta de tallos del 1° de agosto	Mazorcas maduras producidas	Cuenta de tallos del 1° de agosto	Mazorcas maduras producidas
10	10	45	45
15	16	50	50
20	21	55	55
25	26	60	59
30	31	65	64
40	41		

Como promedio, unas 1,05 mazorcas maduras son producidas en la Región Sur por cada tallo contado el 1° de agosto. En la Región Norte-Central, donde los rendimientos son mayores y las mazorcas más grandes, el promedio es 0,98. Esta diferencia no está en pugna con la relación en la tabla 9, que rige para ambas regiones.

Cuando la fracción de tallos que tienen mazorcas o brotes de ellas el 1° de agosto se usa para pronosticar el número de mazorcas maduras que se producirán, las relaciones en el Sur difieren un poco de las de la Región Norte-Central. La razón de mazorcas y brotes contados el 1° de agosto en la Región Sur /mazorcas maduras producidas es como 1,4 veces la fracción de tallos que tienen mazorcas o brotes el 1° de agosto. En la Región Norte-Central, la relación es como se ve en la tabla 10.

Tabla 10 - Razón de Mazorcas Contadas el 1° de Agosto a Mazorcas Maduras Producidas, en Relación con Tallos con Mazorcas el 1° de Agosto Estados Norte-Centrales

Tallos con mazorcas el 1° de agosto	Razón de la cuenta de mazorcas el 1° de agosto a mazorcas maduras producidas	Tallos con mazorcas el 1° de agosto	Razón de la cuenta de mazorcas el 1° de agosto a mazorcas maduras producidas
<u>Porcentaje</u>		<u>Porcentaje</u>	
5	0,10	60	0,97
10	0,23	70	1,00
20	0,36	80	1,14
30	0,49	90	1,27
40	0,62	100	1,40
50	0,74		

Cuando el porcentaje de tallos con mazorcas el 1° de agosto es muy bajo y mazorcas han salido solamente en pocos campos, es preferible suponer un número fijo de mazorcas por tallo (1,05 en el Sur y 0,98 en los Estados Norte-Centrales) en vez de usar la cuenta observada el 1° de agosto, y dividir por la razón apropiada mostrada en la tabla 10. En la práctica es deseable considerar los campos en que no han salido mazorcas aparte de los campos en que algunas mazorcas han salido. Si hay menos de 20 campos de muestra en el segundo grupo, la tabla 10 puede no dar una buena indicación de la potencial fructífera, aun para los campos en ese grupo.

El peso de grano producido por mazorca no variaba mucho de año a año durante el período en que se hicieron estos estudios. Pero puede ser deseable un método de pronosticar el peso por mazorca temprano en la estación, puesto que podría proveer una indicación de una desviación del promedio. En gran parte del Sur la mayoría de las mazorcas han alcanzado la

etapa de grano lechoso y su longitud máxima el 1^o de agosto. La longitud total de la mazorca, o la parte que está cubierta de granos, entonces puede usarse para pronosticar el peso medio de grano por mazorca a la madurez. Es más fácil y más rápido medir la longitud de toda la mazorca sin abrir las hojas. Este procedimiento también evita daño a la mazorca, pero puede no funcionar muy bien si la longitud de las hileras de granos es muy variable. En este caso, es preferible retirar las hojas.

Para mazorcas que han alcanzado su longitud máxima pero que no están maduras, la regresión lineal del peso del grano producido por mazorca sobre la longitud de la mazorca, medida por encima de las hojas, fue dada por:

$$Y = 0,0854X - 0,304 \quad (4)$$

En esta ecuación, X es la longitud total del olote (parte interior granífera de la mazorca) medida en pulgadas encima de las hojas, e Y es el peso del grano producido en libras, ajustado a un contenido de humedad del 15,5 por ciento.

Para mazorcas que ya están maduras (con máxima cantidad de materia seca), la ecuación de regresión es:

$$Y = 0,0836X - 0,310 \quad (5)$$

La diferencia entre las dos ecuaciones se cree que es debida al encogimiento de las mazorcas por el secamiento que sufren entre las dos fechas.

Otro método alternativo es considerar el peso del grano pronosticado de otra manera. Una relación entre el número de mazorcas maduras producidas en 60 pies de hilera y el peso del grano se utilizó. Si el sistema de siembra en cualquier área cambia poco de año a año, la variación en el recuento de mazorcas refleja diferencias en las condiciones de desarrollo; condiciones favorables conducen a buena densidad de plantas y la formación de buen número de mazorcas. Estas condiciones también conducen a buen desarrollo de las mazorcas. Este concepto está de acuerdo con el comportamiento de otros cultivos que fueron estudiados en el programa de investigaciones de la pronosticación objetiva de rendimientos. Los datos en la tabla 11 indican que esto también es verdad en el caso del maíz. Puesto que el número de mazorcas maduras que se esperan puede pronosticarse bastante bien, esto ofrece una probabilidad de predecir el cambio en la cantidad de grano que se producirá.

Tabla 11 - Relación entre Peso de Grano por 60 Pies de Hilera y Número de Mazorcas con Granos

Mazorcas con grano por 60 pies de hilera	Peso del grano con 15,5% de humedad	
	Estados Norte-Centrales	Estados Sureños
<u>No.</u>	<u>Lbs.</u>	<u>Lbs.</u>
5	1,0	0,8
10	2,0	1,6
15	3,7	3,0
20	5,7	4,5
25	8,0	6,4
30	10,5	8,5
35	13,2	11,0
40	16,0	13,7
45	18,5	16,4
50	21,5	19,1
55	25,0	
60	28,2	
65	31,5	
70	34,8	

La tabla 11 se usa directamente para pronosticar el peso de grano cuando se sabe el número de mazorcas por 60 pies de hilera. Sin embargo, la curva que describe la relación está a niveles diferentes para los distintos Estados; por lo tanto, es más exacto usar la tabla para indicar cambios de un año anterior si se desean estimaciones de rendimiento para Estados o áreas pequeñas. Si se sabe el número de mazorcas maduras por 60 pies de hilera y el peso del grano correspondientes a un año anterior, el cambio en el peso asociado con el cambio en el número de mazorcas como se indica en la tabla 11 puede aplicarse al peso de grano del año anterior.

2.5.3.2 Relaciones para un Pronóstico del 1° de Septiembre

En el 1° de septiembre las mazorcas que producirán grano pueden identificarse y contarse. Si unos pocos campos no han llegado a la etapa de grano lechoso, el número total de mazorcas maduras esperadas puede predecirse como para el pronóstico del 1° de agosto. Pero, como asunto práctico, es más sencillo, e igualmente satisfactorio, suponer que el número medio de mazorcas por tallo que producirán granos será más o menos lo

mismo para estos campos que para los campos ya más maduros. El peso del grano que se producirá puede estimarse de la longitud del olote, medida encima de las hojas, como en el pronóstico del 1° de agosto.

Una indicación un poco más exacta puede obtenerse mediante la consideración de solo la longitud de la porción del olote que está cubierta de granos (i.e., longitud media de las hileras de granos). El peso medio de grano por mazorca se relaciona a esta longitud por la ecuación:

$$Y = 0,0890X - 0,215 \quad (6)$$

Como en las ecuaciones (4) y (5), el peso por mazorca se expresa en libras de grano con 15,5% de humedad, y la longitud de las hileras de granos se expresa en pulgadas.

Cuando los campos están completamente maduros las mazorcas de muestra pueden pesarse en el campo, y el grano que contienen se pesa en el laboratorio, donde se hacen las pruebas de contenido de humedad. Pero aun en tales campos las mediciones de tamaño de la mazorca dan una indicación exacta mucho más rápidamente. En la mayoría de los Estados es pequeño el porcentaje de campos que se han madurado completamente al 1° de septiembre.

La fracción de materia seca total ya presente en los granos puede estimarse de la razón del peso del grano seco al peso del grano húmedo, como se ve en la tabla 12. Esta razón puede compararse con la fracción de materia seca en la madurez, o usarse para ajustar los pesos de grano cuando las mazorcas se cosechan y se pesan demasiado temprano. También es útil para estimar la reducción en rendimiento causada por una helada antes de madurarse completamente las mazorcas.

Tabla 12 - Relaciones entre Razón de Peso de Grano Seco a Peso de Grano Húmedo y la Fracción de Materia Seca Total Formada

Razón media de peso de grano seco a peso de grano húmedo	Fracción media de materia seca total formada	Razón media de peso de grano seco a peso de grano húmedo	Fracción media de materia seca total formada
2	2	2	2
10	5	50	70
20	15	60	85
30	30	70	95
40	50	80	100

Los datos en la tabla 12 son promedios derivados de estudios de laboratorio para los Estados Norte-Centrales durante los primeros años de la década de los sesenta. La tabla 12 da la relación entre promedios de

muchísimas mazorcas. Aunque cualquier mazorca en el que la razón del peso de grano seco al peso de grano húmedo es del 70 por ciento ya tendrá formada todo su materia seca, un grupo de mazorcas cuya razón media es del 70 por ciento obviamente tiene que incluir algunas mazorcas cuya razón es menos del 70%. Por esto, los datos en la tabla 12 indican una relación ligeramente diferente de la que habría sido observada en el caso de mazorcas individuales. Las tablas 13 y 14 se basan sobre datos para mazorcas individuales.

2.5.3.3 Características Útiles en la Pronosticación de Peso de Grano y de Mazorca

Las tablas 13 y 14 muestran algunas correlaciones entre varias características del maíz. Las tablas sugieren algunos de los puntos que podrían considerarse para métodos alternativos aplicables en cualquiera de las tres fechas basadas en la etapa de desarrollo.

Tabla 13 - Características Típicas de Granos y Correlación con Peso de Mazorca Seca a Varios Días después de la Salida de la Barba

Días después de la salida de la barba	Número de granos por mazorca 1/	Peso seco por grano (gramos)	Peso húmedo por grano (gramos)	Correlación entre peso de mazorca seca y...		
				Número de granos	Peso de grano seco	Peso de grano húmedo
15	790	0,048	0,198	0,45	2/	2/
25	760	0,120	0,280	0,45	2/	2/
40	610	0,225	0,385	0,90	0,55	0,42
55	605	0,255	0,385	0,80	0,40	0,30
70	600	0,260	0,360	0,84	0,40	0,30
85	600	0,260	0,355	0,80	0,25	0,10

1/ Basado sobre cuenta de granos con evidencia de líquidos o materia colorante apropiada para la etapa de desarrollo.

2/ Datos insuficientes.

Tabla 14 - Correlación Típica de Características de la Mazorca con el Peso de la Mazorca Seca a Varios Días después de la Salida de la Barba

Días después de la salida de la barba	Circunferencia máxima de mazorca deshojada	Area superficial de granos $\frac{2}{3}$ (sin hojas)	Peso total de mazorca húmeda	Longitud de olote medida sobre las hojas	Area superficial $\frac{2}{3}$ medida en cima de las hojas
15	0,70	0,75	0,70	0,60	0,65
25	0,50	0,75	0,75	0,65	0,75
40	0,50	0,85	0,85	0,75	0,75
55	0,65	0,85	0,90	0,75	0,85
70	0,65	0,90	0,90	0,82	0,92
85	0,65	0,90	0,90	0,70	0,85

1/ Promedio de longitud de la hilera de granos multiplicado por la circunferencia máxima.

2/ Longitud del olote multiplicada por la circunferencia máxima.

2.5.3.4 Relaciones Correspondientes a un Pronóstico el 1^o de Octubre

Al 1^o de octubre todo el peso de grano seco ya ha sido acumulado en la mayoría de los campos. Pero, en algunos pocos campos, el peso de grano por mazorca tiene que estimarse por la medición del tamaño de las mazorcas o por otros medios.

Se obtiene la indicación más exacta mediante la pesada de mazorcas de muestra y la aplicación de las relaciones en la tabla 12 para ajustar el peso observado del grano a un peso a la madurez. Pero si la formación de materia seca se detiene a causa de una fuerte helada, hay que hacer una corrección para la reducción en el rendimiento que resulta. Cuando se sabe el contenido de humedad, la tabla 12 puede usarse para este fin.

2.5.4 Pronósticos Basados sobre Modelos de Crecimiento para los Componentes de Rendimiento

Modelos de crecimiento "dentro del año" para los componentes de la pronosticación han sido investigados. Estos métodos usan datos únicamente del año en curso. Por esto, tienen la oportunidad de reflejar características únicas del año para el cual se desea el pronóstico. Sin embargo, se supone el mismo tipo de modelo de crecimiento para cada año y se derivan estimaciones estadísticas de los parámetros de los modelos para el año en curso.

Los modelos "dentro del año" dependen de la relación de una respuesta (el componente que se va a pronosticar) a los valores de una segunda variable que tiene un valor conocido a la madurez. Varias medidas de tiempo o una variable que refleja el envejecimiento del componente da una variable independiente adecuada para este propósito. De hecho, la tabla 12 es un ejemplo de un modelo de crecimiento relativo basado en el porcentaje de materia seca como un tiempo o una variable de envejecimiento.

En el modelado del peso medio de grano por mazorca por planta para el maíz, los días que han pasado desde la etapa de la salida de la barba de la mazorca se han considerado como la variable temporal. Note la uniformidad del peso después de la madurez fisiológica en la tabla 13. El modelo provee una estimación del peso del grano en cualquier fecha dada después de la salida de la barba. El pronóstico depende de la fidelidad con que el modelo representa la situación verdadera y de nuestra capacidad de saber qué valor de tiempo corresponde a la madurez y de cómo medir estos factores con exactitud. En este caso, el valor temporal a la madurez es cualquier valor en la región de nivelación.

Modelos "dentro del año" para la sobrevivencia (el complemento del modelo de crecimiento) del fruto, mazorca u otras características también pueden formularse. El pronóstico del número de mazorcas es entonces combinado con el modelo de crecimiento para peso por mazorca. La dependencia de una razón de sobrevivencia del número de días desde la fecha básica para plantas con mazorcas por acre se usa para pronosticar el número de mazorcas a la madurez. La fecha básica para plantas con mazorcas por acre se define como el día cero para la razón de sobrevivencia. La razón de sobrevivencia a la madurez que fue pronosticada se multiplica por la estimación básica de plantas por acre con mazorcas para ajustarla al número de unidades al momento de la cosecha. En las condiciones estadounidenses, esta razón es como 0,98 a 0,95 para mazorcas del maíz, y no tiene ninguna relación conocida con la estimación del rendimiento.

Los estudios de modelos tanto de crecimiento como de sobrevivencia se han encontrado aplicables a varios cultivos. Por ejemplo, modelos de sobrevivencia se han investigado para pronosticar la cantidad de papayas brotadas cada semana que sobrevivirán hasta la cosecha (de cinco a seis meses después) y usado como modelos de crecimiento para pronosticar el peso por uva. Puesto que datos de años anteriores son necesarios para desarrollar modelos perennes, los métodos "dentro del año" pueden ser más aplicables en el desarrollo e implementación de procedimientos objetivos de pronóstico de rendimientos en el caso de cultivos nuevos. Sin embargo,

se supone que los modelos básicos son conocidos de otros estudios o investigaciones.

La forma general del modelo de crecimiento logístico que comúnmente se usa es:

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{\hat{\alpha} + \hat{\beta}(\hat{\rho})^t}$$

Una forma alternativa pero equivalente es:

$$\hat{Y}_t = \frac{\hat{\alpha}'}{1 + \hat{\beta}'(\hat{\rho}')^t}$$

Este es un modelo no lineal, donde t es la variable independiente de tiempo, Y_t es la variable dependiente, y α , β y ρ son los parámetros que pueden estimarse de conjuntos de datos de la forma:

t_1	Y_{t_1}
t_2	Y_{t_2}

En la aplicación aquí tratada, \hat{Y}_t es el peso seco medio ^{estimado} de maíz por mazorca o por grano en el momento t . La variable t es el tiempo (días) después de uno de los eventos fenológicos: flor brotada, barba salida, barba empezando a secarse; o la variable "tiempo" puede ser la fracción de materia seca en el grano al muestrearse.

El modelo básico utiliza observaciones repetidas del año en curso para estimar los parámetros necesarios para predecir la variable dependiente (peso seco de maíz por mazorca, por planta o por grano) a la madurez. Los parámetros del modelo pueden actualizarse en varias épocas durante la estación de crecimiento a medida que se obtengan más datos para etapas posteriores de crecimiento. El mismo tipo de modelo se usa cada año, pero los parámetros derivados de los datos se relacionarían a (1) el año en curso y (2) un momento final dado dentro del período de crecimiento. Puesto que han de estimarse tres parámetros, se requieren por lo menos tres observaciones durante la estación.

El papel que juegan los tres parámetros en el modelo de crecimiento puede describirse en términos de varias etapas de crecimiento.

1. El peso básico o inicial es cuando $t = 0$. Puesto que $\hat{\rho}$ (de cualquier valor) elevado a la potencia $t = 0$ es 1,

$$\hat{Y}_0 = \frac{1}{\hat{\alpha} + \hat{\beta}} \text{ estima el peso básico o inicial.}$$

2. El peso pronosticado para la madurez o fase final de la variable dependiente es el más importante para la pronosticación del rendimiento del maíz. Suponiendo que $0 < \hat{\rho} < 1$, vemos que el peso pronosticado para la cosecha es $\hat{Y}_m = \lim_{t \rightarrow \infty} \hat{Y}_t = \frac{1}{\hat{\alpha}}$. Es decir, para valores grandes de t , \hat{Y}_t depende de $\hat{\alpha}$. Por lo tanto, el parámetro α se llama el parámetro primario. Para la forma alternativa del modelo de crecimiento logístico, $Y = \frac{\hat{\alpha}}{1 + \hat{\rho}(\hat{\rho})^t}$, la estimación

de punto, $\hat{\alpha}$, es el pronóstico del peso de grano seco por planta a la madurez.

3. Las fases intermedias de crecimiento siguen la fase inicial y continúan hasta la madurez, que es cuando se alcanzan los valores grandes de t . El valor de $\hat{\rho}$ refleja la rapidez del aumento de peso desde \hat{Y}_0 hasta \hat{Y}_m a medida que t aumenta. Para $0 < \hat{\rho} < 1$, el modelo es verdaderamente un modelo de crecimiento, y ρ se puede llamar el parámetro de rapidez de crecimiento. Si $\hat{\rho}$ está cerca de cero, el crecimiento es muy rápido. Si $\hat{\rho}$ está cerca de 1, se indica un crecimiento más lento.

La razón de $\frac{\hat{Y}_m}{\hat{Y}_0} = 1 + \frac{\hat{\beta}}{\hat{\alpha}}$ determina la amplitud de la escala Y_t .

Los programas de computadora utilizados para derivar los parámetros de los datos requieren valores aproximados para empezar, porque la formulación de ecuaciones no lineales se basa sobre algoritmos iterativos. Para la variable dependiente, peso seco por mazorca, los valores de empleo usados para el conjunto de datos fueron $\hat{\alpha} = 0,006$, $\hat{\beta} = 0,08$, y $\hat{\rho} = 0,87$. Para $Y_t =$ peso seco por grano en tiempo t , los valores iniciales o de empleo usados fueron $\hat{\alpha} = 3,8$, $\hat{\beta} = 130$, y $\hat{\rho} = 0,87$. Normalmente, los valores de un año anterior podrían ser usados para empezar el algoritmo iterativo.

Cada juego de estimaciones de parámetros define un modelo específico en un momento dado. Por ejemplo, para 1973 en Iowa Central, $Y_t =$ peso seco (en gramos) por mazorca t días después de que la barba empezó a secarse, y tenemos las siguientes estimaciones de parámetros para juegos de datos disponibles después de varias visitas al campo presentadas en la tabla 15.

Tabla 15 - Estimaciones de Parámetros de Modelos Basadas sobre Todos los Datos Disponibles después de Varias Visitas al Campo

Parámetro	Número de la visita				
	Cuatro (IV)	Seis (VI)	Siete (VII)	Ocho (VIII)	Nueve (IX)
α	0,0059597	0,0061557	0,0062934	0,0063149	0,0063487
β	0,12777	0,12930	0,14616	0,14869	0,15380
ρ	0,89271	0,88109	0,87514	0,87428	0,87267

Por lo tanto, el modelo específico basado sobre datos obtenidos en visitas al campo I-VII es

$$\hat{Y}_t = \frac{1}{0,0062934 + 0,14616(0,87514)^t}$$

donde \hat{Y}_t es el peso seco (en gramos) estimado de granos por mazorca t días después de que empezó a secarse la barba. Para \hat{Y}_t = peso seco (en gramos) estimado por grano t días después de la emergencia de la barba, basado sobre datos de las visitas I -VII, el modelo es

$$\hat{y}_t = \frac{1}{3,8654 + 333,95(0,87113)^t}$$

Valores numéricos de las variables dependientes correspondientes a varios valores de las variables para los dos tiempos se dan en la tabla 16 para estos dos modelos.

Tabla 16 - Peso Seco Estimado por Mazorca y por Grano Relacionado a Distintas Variables de Tiempo

Días después de que empezó a secarse la barba (t)	Peso seco estimado del grano por mazorca (gramos) (\hat{Y}_t)	Días después de la emergencia de la barba (t')	Peso seco estimado por grano (gramos) ($Y_{t'}$)
<u>Días</u>	<u>Gramos</u>	<u>Días</u>	<u>Gramos</u>
0	6,56	0	0,0030
10	22,32	10	0,0114
20	60,82	20	0,0400
30	111,52	30	0,1088
40	142,90	40	0,1921
50	154,34	50	0,2380
60	157,67	60	0,2531
70	158,57	70	0,2573
80	158,81	80	0,2583
90	158,87	90	0,2586
100	158,90	100	0,2587
110	158,90	110	0,2587
120	158,90	120	0,2587
∞	158,90	∞	0,2587

Hay dos métodos para evaluar la fidelidad del modelo de crecimiento logístico para varias variables de tiempo y a medida que estén disponibles más datos en las etapas posteriores de crecimiento:

(1) La magnitud y signo (+ o -) de la desviación del pronóstico del peso seco medio verdadero a la madurez.

(2) La magnitud de la desviación estándar relativa del parámetro "primario", α .

El peso seco medio a la madurez fue estimado de una muestra grande de plantas con mazorcas maduras. El promedio correspondía a la población de plantas muestreada durante todo el período de crecimiento para el cual se hubo definido la variable de tiempo en el modelo evaluado. Es decir, el pronóstico por el modelo y el peso medio estimado hacen inferencias válidas acerca de la misma subpoblación. La desviación estándar relativa es la desviación estándar estimada dividida por la estimación del parámetro

primario: $\frac{\hat{\sigma}_\alpha}{\hat{\alpha}}$.

En la tabla 17 se dan, para los dos ejemplos tratados antes, las desviaciones del pronóstico del peso seco medio verdadero, y las desviaciones estándares relativas.

Tabla 17 - Diferencias en Porcentaje entre Peso Pronosticado y Peso Cosechado, y entre Error Relativo en los Parámetros Primarios de Modelos

Variable dependiente	Variable independiente del tiempo	Datos de las visitas Nos.	Desviación del pronóstico del peso seco medio verdadero	Desviación estándar relativa de la estimación del parámetro primario ($\hat{\alpha}$)
			\bar{z}	\bar{z}
Peso seco de grano por mazorca (Y_t)	Días después de que empezó a secarse la barba (t)	I(solamente)	(No convergencia al modelo)	
		I & II	+22,0	34,46
		I - III	+ 0,7	6,96
		I - IV	+ 7,8	4,32
		I - V	+ 8,5	2,74
		I - VI	+ 4,4	1,74
		I - VII	+ 2,1	1,29
		I - VIII	+ 1,7	1,16
		I - IX	+ 2,2	1,02
		I - X	+ 1,2	0,92
Peso seco por grano (Y_t)	Días después de la emergencia de la barba (t)	I(solamente)	-89,6	16,07
		I & II	-71,4	12,09
		I - III	-37,3	10,10
		I - IV	+ 4,6	6,61
		I - V	- 6,0	2,24
		I - VI	- 1,8	1,59
		I - VII	+ 0,4	1,37
		I - VIII	+ 0,5	1,15
		I - IX	+ 0,9	0,98
		I - X	+ 1,2	0,86

2.5.5 La Metodología de la Pronosticación de Rendimientos de Cítricos

2.5.5.1 Introducción

El programa de estimación de la cosecha de cítricos en Florida se desarrolló durante los últimos años de la década de los cincuenta. La parte que trata de la estimación de rendimiento, tal como se desarrolló originalmente y fue puesta en operación se describe en esta sección. La mayoría de los conceptos sobre metodología y datos no han cambiado.

El inventario de árboles por tipo, edad, y sitio es muy importante en la pronosticación de rendimiento y producción actuales, a causa de la dinámica de la industria. Es necesario para proveer un marco de muestreo completo y eficiente para encuestas de muestreo diseñadas para estimar el número de frutas por árbol. La primera encuesta de cada año sobre rendimiento se usa para estimar el promedio de números de frutas por árbol. Esta encuesta empieza el 1^o de agosto y continúa hasta el 15 de septiembre. Se llama Limb Count Survey (i.e., encuesta para cuenta de frutas en el árbol).

2.5.5.2 Estimación del Promedio de Frutas por Arbol

El número de frutas por árbol varía bastante, debido a diferencias de edad y sitio. La mayoría de los árboles empiezan a producir fruta unos 3 ó 4 años después de su siembra. La producción aumenta rápidamente durante 10 años, y después, más lentamente, llegando a su máximo unos 25 a 30 años después de su siembra. Estas características del árbol y el conocimiento vital de los números de árboles según su edad y sitio permiten una reducción considerable en las variancias de los estimadores por el uso de un diseño de muestreo estratificado. Un conocimiento previo de cuentas de frutas según edad del árbol se utilizó para construir los estratos.

<u>Estrato</u>	<u>Edad del árbol (años)</u>
1	4 - 9
2	10 - 14
3	15 - 24
4	25 y más

Las cuentas relativamente pequeñas correspondientes a los árboles en el estrato 1 y las variancias más pequeñas de estas cuentas en combinación con la entrada de muchos árboles jóvenes al universo permite una eficiencia aumentada por el uso de una repartición óptima de la muestra entre los estratos.

Puesto que los lotes de árboles de una sola edad eran demasiado grandes para ser unidades para la cuenta de frutas, los lotes se submues-

trean para obtener un grupo de árboles. De las variancias obtenidas de cuentas de frutas en todo el árbol, se determinó que una rama que tenía un área de sección transversal (a. s. t.) igual al 10 ó 20 por ciento del a. s. t. del tronco del árbol podría usarse para la cuenta de frutas y expandirse esta cuenta para obtener una estimación algo eficiente de la población de frutas de todo el árbol. Los tamaños de las muestras de lotes (el número de ellos seleccionados) y del número de árboles por lote fueron determinados de cuentas expandidas hechas en ramas aleatoriamente seleccionadas que constituyan aproximadamente el 10 por ciento del a. s. t. del tronco (determinada por medición de la circunferencia con una cinta). Los datos se resumieron utilizando técnicas de análisis de variancia para una clasificación jerárquica. Se usaron variancias calculadas para la asignación óptima de muestras a los estratos según edades.

En 1956, el Sr. B. W. Kelly condujo el trabajo de la encuesta piloto sobre 50 árboles, proveyendo estimaciones de componentes de variancia, el tamaño de muestra requerido, y repartición óptima. Los resultados se presentan en la tabla 18. Los análisis subsecuentes de variancia de la fruta estimada por árbol resultando de las cuentas de frutas por rama indicaron que la encuesta piloto era relativamente exacta.

Un censo aéreo de árboles es la fuente de la lista de todos los lotes de cada tipo principal de cítrico en el Estado de donde se seleccionaron los lotes. Un lote de cítricos no se define según quién sea su dueño, sino como una plantación relativamente homogénea con por lo menos el 90 por ciento de los árboles de la misma edad y del mismo tipo de cítrico. La identificación del lote, los números de los árboles y los números acumulados de árboles se apuntan en la lista según condados y fecha de siembra de cada tipo (un tipo consta de una o más variedades similares). Se selecciona una muestra de lotes para cada tipo de cítrico.

Tabla 18 - Componentes Estimados de Variancia en la Cuenta de Ramas, 1956

Tipo de Fruta	Componentes de variancia 1/ (diseño anidado)				Tamaño 2/ indicado de muestra	Número óptimo de árboles por lote
	Condado	Edad	Lote	Arbol		
<u>Naranjas</u>						
Media						
estación	0	43	118	360	519	3,5
Tardías	7	24	162	93	463	1,5
Todas					499	
<u>Toronjas</u>						
Con se-						
milla	12	0	20	219	294	6,5
Sin se-						
milla	20	3	69	152	418	3,0
Todas					370	

1/ Componentes de variancia para número de frutas por árbol, estimados por el método de cuenta de ramas. Componentes de variancia redondeados al millar más cercano.

2/ Número indicado de lotes requeridos para un error máximo de muestreo del 4 por ciento (coeficiente de variación al nivel del 0,95 de confianza), suponiendo 4 árboles de muestra por cada lote de muestra.

Después de seleccionarse los lotes de muestra, se escoge un "árbol pivote" en cada lote de muestra. El árbol pivote en cada caso especifica dos grupos de muestra de cuatro árboles cada uno; los grupos se alternan para minimizar los efectos del trabajo en los árboles al hacer las cuentas de frutas. El procedimiento seguido para designar los árboles pivotes permite la selección de las debidas proporciones de árboles fuera del grupo. Debido a la muerte de un árbol, o una edad o tipo incorrecto, es a veces necesario escoger un sustituto para un árbol de muestra, utilizando un método predeterminado de substitución.

La etapa tercera (y final) del muestreo es la selección de una porción del árbol en donde ^{se} contarán las frutas. Las cuentas se hacen en muestras de ramas seleccionadas por la técnica de camino aleatorio. Al terminarse este procedimiento de múltiples etapas, la rama o ramas seleccionadas tiene una probabilidad de selección que es proporcional al área de su sección transversal (a.s.t.) La recíproca de esta probabilidad ofrece un método insesgado de expandir las cuentas de las muestras al total estimado de frutas en el árbol, y, debido a la correlación positiva entre el a.s.t. y el número de frutas, es un método bastante eficiente de muestreo. La prueba de la naturaleza insesgada del estimador, (x_1/p_1) , y la derivación

de la probabilidad, (p_1) , se dan en otra sección.

La aplicación del método de selección por camino aleatorio es algo sencilla. Las ramas de la primera horqueta se miden con una cinta que indica el a.s.t. en pulgadas cuadradas. El a.s.t. y el a.s.t. acumulada se anotan para cada rama en la hoja de registro, donde "rama" se define como una rama o grupo de ramas adyacentes que dan un a.s.t. que es el 10% o más del a.s.t. total acumulada al nivel de la primera horqueta. Un número seleccionado de una tabla de números aleatorios determina la porción individual seleccionada. Una alternativa lógica para la rama de muestra del 10 por ciento sería un par de ramas del 5 por ciento; sin embargo, las ramas menores parecen exhibir menos correlación entre a.s.t. y el número de frutas.

El principio involucrado en la selección por "cuenta de ramas" se muestra en la figura 2 de la página 74. El procedimiento por etapas incluye la medición del a.s.t. al nivel de la primera horqueta para determinar que una rama de aproximadamente 19" (con un a.s.t. de 19 pulgadas cuadradas) o sea, el 10% de 190 pulgadas cuadradas, se necesita para proveer la unidad de muestra. La ruta o camino hacia la rama de muestra se determina de un número aleatorio del 1 al 190 y las mediciones acumuladas del a.s.t. En el ejemplo, la rama de 100" fue seleccionada por el número aleatorio. Esta rama tiene una probabilidad de selección de $100/(100 + 90)$. Al nivel de la segunda horqueta la selección indicada en la figura fue la rama de 20", y se contaron las frutas (187) en esa rama. La probabilidad de selección en la segunda etapa era la probabilidad de la primera etapa multiplicada por la probabilidad de la segunda etapa, dado que se conoce la probabilidad de la primera etapa. En el ejemplo, entonces, la probabilidad de que la rama de 20" sea la rama de muestra es:

$$\frac{100}{100 + 90} \times \frac{20}{20 + 40 + 50} = \frac{100}{190} \times \frac{20}{110} = \frac{20}{209}$$

La cuenta (187) de frutas en la muestra se expande por la recíproca de la probabilidad para dar la estimación de 1.954 frutas en el árbol ($187 \times 209/20 \doteq 1.954$).

Las cuentas de fruta en cada rama "del 10 por ciento" se hacen por categorías basadas en los ciclos principales de fructificación. Las categorías son determinadas por el tamaño de la fruta en el momento de la cuenta tal como se ve en la tabla 19.

Tabla 19 - Clasificaciones de Tamaños de Fruta Usadas en las Cuentas de Cuenta de Frutas

Tipo de cítrico	Diámetro de la fruta según clasificación de tamaño		
	Fructificación "regular"	Fructificación "tarifa primera"	Fructificación "tarifa segunda"
	<u>Pulgadas</u>	<u>Pulgadas</u>	<u>Pulgadas</u>
Toronjas	más de $1\frac{1}{4}$	$13/16 - 1\frac{1}{4}$	menos de $13/16$
Naranjas 1/	más de 1	$11/16 - 1$	menos de $11/16$
Mandarinas	más de $11/16$	$5/16 - 11/16$	menos de $5/16$

1/ Los mismos tamaños se usan para tangelos y naranjas Temple.

Muchos de los árboles tienen ramas que, debido a ramas muertas o una poda extrema, poseen mucho menor superficie productiva que la indicada por el a.s.t al nivel de la horqueta. Por lo tanto, en el procedimiento de seleccionar la rama, una reducida a.s.t. obtenida por la medición de ramas más allá de las podas mayores es aceptable para determinar la probabilidad de selección de la rama. Las ramas muertas no se miden. Si esta operación se limita a las reducciones mayores, es un modo valioso de reducir la variancia del estimador.

Después de seleccionar la rama de muestra, se divide en unidades menores para fines de contar. Dos cuentas distintas se hacen de las frutas, cada una por un miembro distinto del cuadrillo de trabajo. Si las dos cuentas no están de acuerdo dentro de una tolerancia especificada, se hacen cuentas adicionales.

Una selección aleatoria de una de las ramas del 10 por ciento en una submuestra aleatoria del 10 por ciento de los lotes se hace como comprobación de la calidad de las cuentas originales. Estas cuentas de verificación indican que el método provee una cuenta bastante consistente, pero como el uno por ciento baja.

2.5.5.3 Pronosticación de la Caída de Fruta

Una medida de la mortalidad de la fruta antes de la cosecha tiene que introducirse en los pronósticos calculados, porque las estimaciones iniciales del promedio del número de frutas por árbol se establecen de cuentas hechas en agosto y septiembre. La pérdida natural de fruta, desde agosto hasta el mes en que se considera madura la fruta, se mide en una serie de exámenes mensuales. La madurez se considera como alcanzada en meses predeterminados que preceden el período de cosecha máxima. Estos

meses son: diciembre para tangelos y mandarinas, enero para naranjas tempraneras y de media estación, febrero para Temples y toronjas, y abril para naranjas tardías.

Los árboles de muestra para las encuestas sobre caída de fruta se seleccionan de una porción especial o restringida (lotes al borde de los caminos) del marco usado para la cuenta de frutas en las ramas. Los lotes al lado de esta ruta son muy accesibles para observaciones mensuales. Este marco muestral consta de todos los lotes comerciales en producción que lindan con una ruta de 1,500 millas que atraviesa las áreas productivas de los condados más importantes. Este microcosmo de la población cítrica provee una base satisfactoria para muestrear la caída y otras características uniformes.

La muestra para cada variedad se estratifica entre cuatro áreas (grupos homogéneos de condados) y los cuatro grupos según edad que fueron previamente tratados. El tamaño de muestra dentro de los estratos se basa en la productividad de un año básico.

Una rama de muestra que tiene aproximadamente el dos por ciento del a.s.t. del tronco se selecciona a la altura del hombro, en un lado designado del árbol. Esta rama se rotula y toda la fruta más allá del círculo se cuenta durante exámenes sucesivos. Las diferencias entre la cuenta de la encuesta inicial y las de las encuestas que siguen indican la caída hasta el momento de la encuesta. El promedio de caída para cada edad-área se calcula y se combina por pesos de producción en el promedio de caída para el Estado. Las cuentas muestrales se ponderan, porque los lotes son seleccionados con probabilidad proporcional a la producción, y la encuesta de las muestras de ramas "del dos por ciento" tiende a poner una parte desproporcionada de la muestra en árboles de mayor edad y producción.

Las pautas mensuales de caída se ajustan por la proporción estimada del total de fruta cosechada hasta el momento de la encuesta. La caída acumulada representa solamente los lotes todavía sin cosechar. La caída mensual ajustada se proyecta al mes predeterminado ya mencionado, para estimar la pauta estacional de caída para ser usada en los modelos de pronóstico.

La muestra de 2,000 árboles en 1966-1967 indicó la proporción de naranjas cosechables con un error máximo del 3 por ciento al nivel de 0,95 de confianza. Los errores de muestreo de la encuesta sobre caída se expresan como la coeficiente de variación para la proporción de fruta todavía sin cosechar, puesto que esto es la contribución de error al pronós-

tico de producción.

Antes de la estación de 1970-1971, las proyecciones mensuales de las caídas esperadas antes del mes "predeterminado" se hicieron mediante la interpretación de gráficos similares a los de la figura 3 en la página 75. Aunque este procedimiento era satisfactorio durante años en que la caída de fruta estaba dentro de lo normal, la experiencia en estaciones recientes sugiere que la interpretación visual no era suficiente, especialmente cuando la caída era mucho mayor o mucho menor que lo usual. Empezando en 1970, fórmulas de regresión múltiple han suministrado medios adicionales de estimar la pérdida total de fruta.

2.5.5.4 Pronosticación del Tamaño Medio de la Fruta al Cosecharse

La encuesta sobre tamaño de fruta coincide con la encuesta sobre caída. Además, la misma submuestra de árboles seleccionados de lotes de muestra escogidos del marco de ruta es utilizada para ambas series de observaciones mensuales. En la encuesta sobre tamaño se miden 10 frutas de muestra por árbol de un par de árboles en cada lote de muestra. Se obtienen cada mes las distribuciones de frecuencia de ~~tamaños estándares~~ de fruta fresca y el tamaño medio estimado.

Las frutas que han de medirse se determinan por un sitio escogido aleatoriamente en el árbol al nivel del hombro. Se rotula este punto en el árbol para cada encuesta, se miden las circunferencias horizontales de las 10 frutas de la fructificación regular que estén más cercas del rotulo.

Estas mediciones de circunferencia se apuntan en el formulario de campo, que tiene 240 casillas. El resumen se hace en volumen, que está correlacionado linealmente con el peso y es, por lo tanto, aditivo. La relación entre peso y volumen tiene un coeficiente de correlación cuadrado del 0,96, que es pertinente a una estimación de producción, puesto que la mayor parte de la cosecha de cítricos se recibe o se compra sobre la base de peso.

La figura 4 en la página 76 muestra la velocidad de crecimiento de dos tipos de cítricos. Las fechas indicadas son los meses en que se hicieron las encuestas; generalmente, las encuestas se hicieron cerca de la tercera semana de cada mes. Las curvas de crecimiento anual generalmente están paralelas, así permitiendo que estas relaciones sean una herramienta bastante efectiva en el pronóstico del tamaño a la madurez. Debe notarse que la fruta medida en el árbol no refleja el tamaño al momento de la cosecha. Las observaciones tempranas son de fruta inmadura y las mediciones

para la pronosticación usualmente se terminan antes de la cosecha principal. El tamaño de la fruta a la madurez se define como el tamaño medio de fruta en lotes en un mes específico. Estos meses "terminales" son los mismos que los meses "predeterminados" usados en las encuestas sobre caída. Antes del mes terminal, es necesario estimar el tamaño medio que la fruta alcanzará en el mes terminal.

Se usa una regresión con tres variables para pronosticar el tamaño (volumen por fruta) en el mes terminal:

$$X = 4,34 + 0,964X_1 - 0,159X_2 - 0,002X_3$$

(para naranjas tempranas y de media estación en la fecha de pronóstico del 1^o de octubre)
y $r = 0,95$, donde las tres variables son (1) el tamaño medio en pulgadas cúbicas en el mes en curso, (2) el crecimiento durante el mes anterior, y (3) el número medio de frutas por árbol de ese tipo. La regresión múltiple ha provisto una indicación más firme de tamaño final que una evaluación subjetiva de la importancia de estos factores para llegar a un tamaño pronosticado. En 1967-1968 una submuestra de frutas en 1,200 árboles de muestra usados en encuestas sobre tamaño dio un error máximo al nivel de confianza del 0,95 de un 1,5 por ciento en el tamaño medio de todas las naranjas.

Los datos de comprobación para cítricos, con que ha de compararse el pronóstico, son los números de cajas certificadas producidas -- cajas de 90 libras para naranjas, tangelos y Temples; cajas de 95 libras para mandarinas; y cajas de 85 libras para toronjas. El volumen medio pronosticado por fruta se convierte al número de frutas que constituyen una caja, por medios gráficos, como se muestra en la figura 5 para toronjas. Este número depende del tipo de fruta, tamaño de la fruta y su destino (venta como fruta fresca o usada para elaboración de otros productos). Relaciones curvilíneas también se formularon por ecuaciones de la forma $S = a + bX + \frac{c}{X}$, donde S es el número medio de frutas por caja y X es el tamaño medio de la fruta. Para naranjas tempranas y de media estación, la ecuación es:

$$S = 53,77 - 1,696X + \frac{2,239,5}{X}$$

Los coeficientes para la fruta fresca y la elaborada se ponderan juntos según utilización (destino) de la cosecha (usando la proporción de la estación anterior) para proveer una base para convertir el volumen medio de cada tipo a "frutas por caja". Este método de convertir volumen a frutas por caja también compensa la desviación de la fruta de la forma esférica al convertir circunferencia en volumen.

2.5.5.5 Pronosticación del Rendimiento por Arbol

Se han usado dos modelos para combinar los componentes que determinan el rendimiento de los cítricos: Un estimador de expansión directa y el estimador de cambio relativo. Se da solamente el estimador de expansión directa, que es:

$$Y = \frac{F \times H}{S}$$

donde

Y = rendimiento por árbol en cajas de fruta

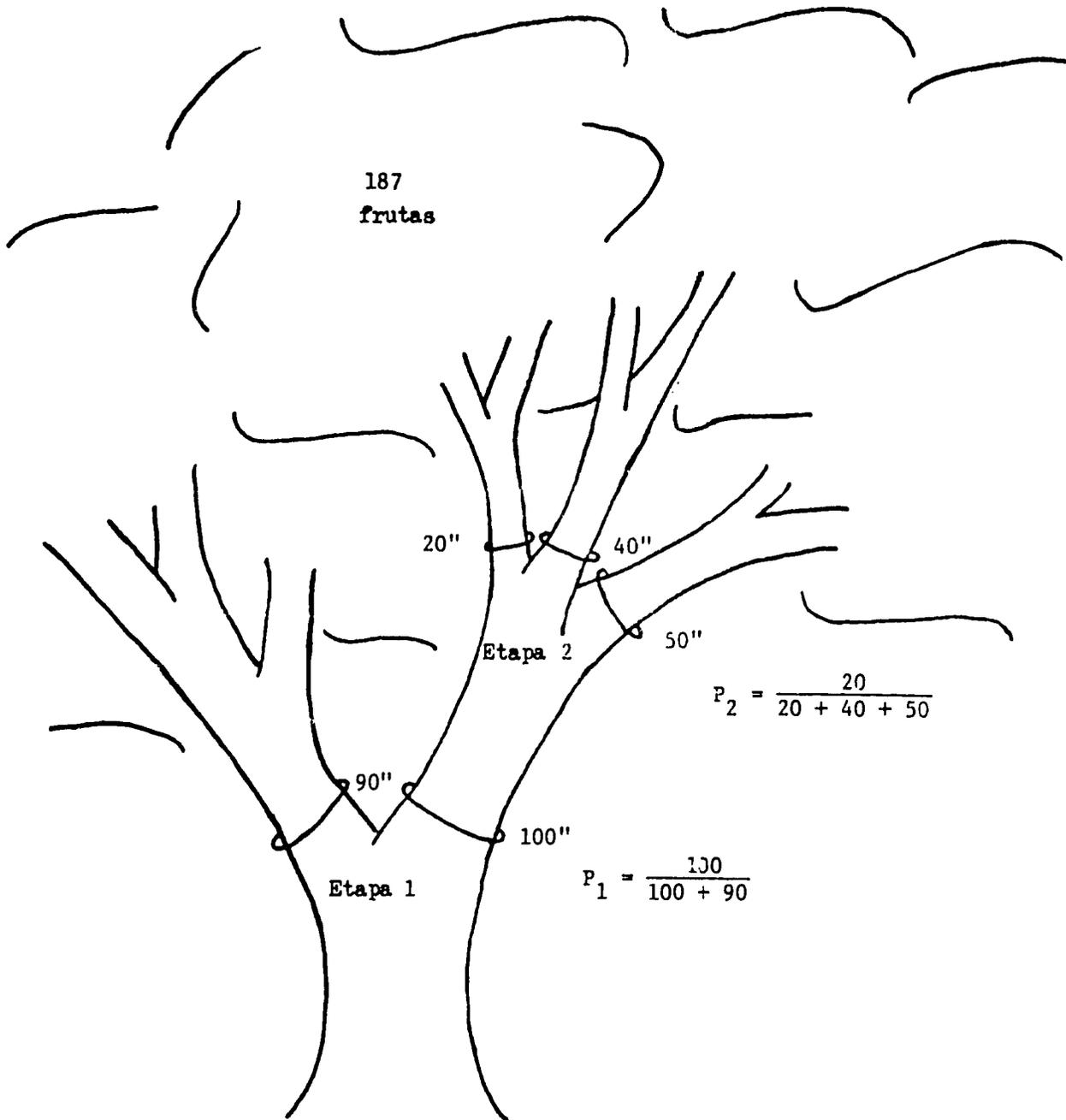
F = número de frutas por árbol al momento de la encuesta (cuenta)

H = proporción de la fruta que será cosechada

S = tamaño de la fruta al cosecharse, expresado en frutas por caja

La importancia relativa de los factores que contribuyen a cambios en la producción se muestra en la figura 6 en la página 78.

Figura 2 - Selección Aleatoria de una Rama con Probabilidad Proporcional al Area de Sección Transversal (a.s.t.)



Frutas Estimadas por Arbol

$$\text{Cuenta de frutas} \times \frac{1}{P_1} \times \frac{1}{P_2} = 187 \times \frac{100 + 90}{100} \times \frac{20 + 40 + 50}{20} \doteq 1954$$

Figura 3 - Curvas de Caída de Frutas en Años Extremos y el Promedio de las Estaciones 1963 - 1969

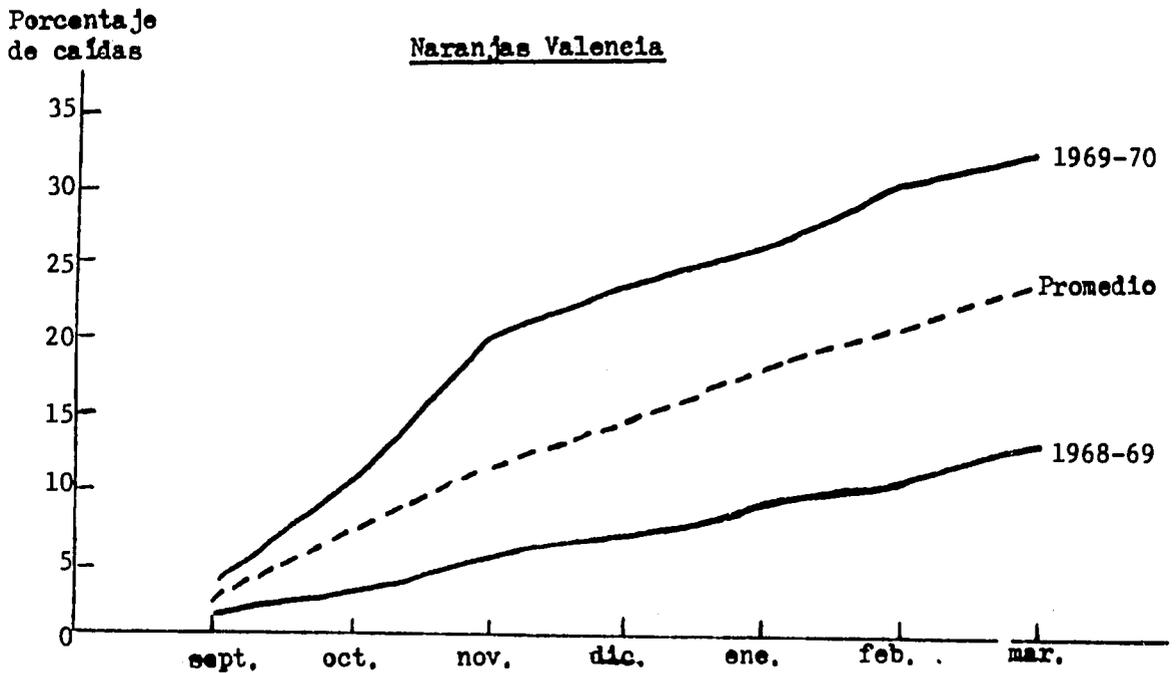
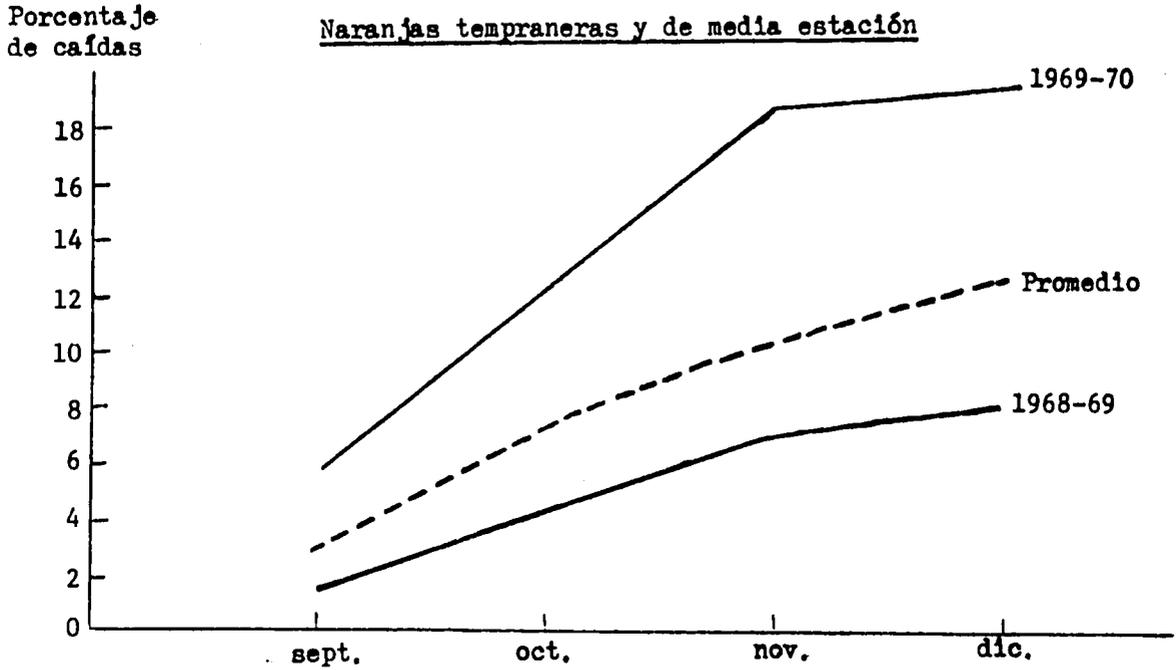
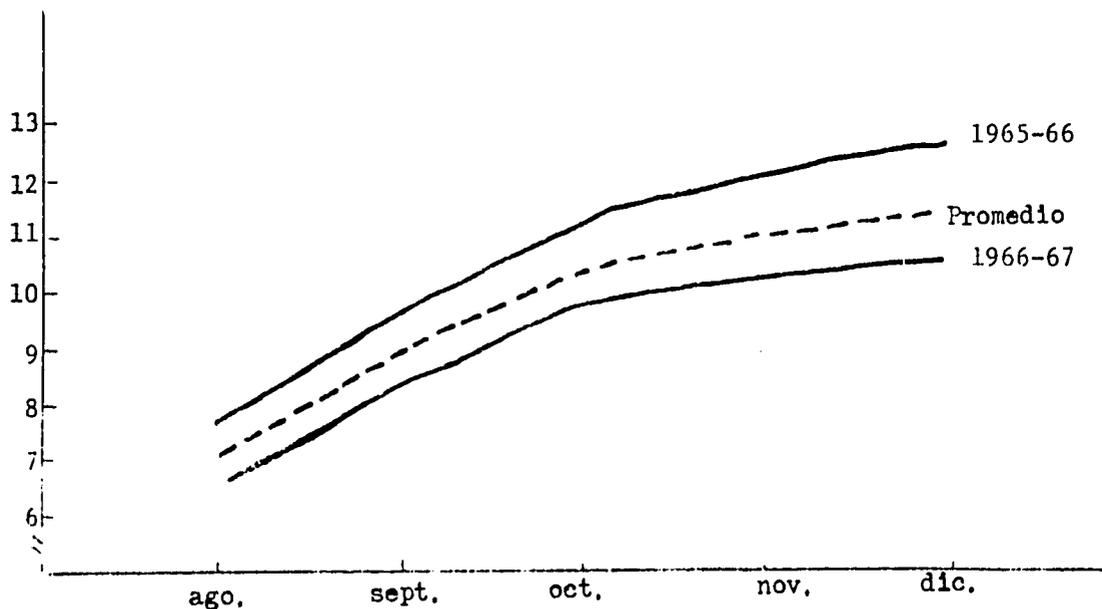


Figura 4 - Curvas de Crecimiento de Frutas en Años Extremos y Promedio de las Estaciones 1963 - 1969

Tamaño
(pulgadas cúbicas)

Naranjas tempranas y de media estación



Tamaño
(pulgadas cúbicas)

Naranjas Valencia

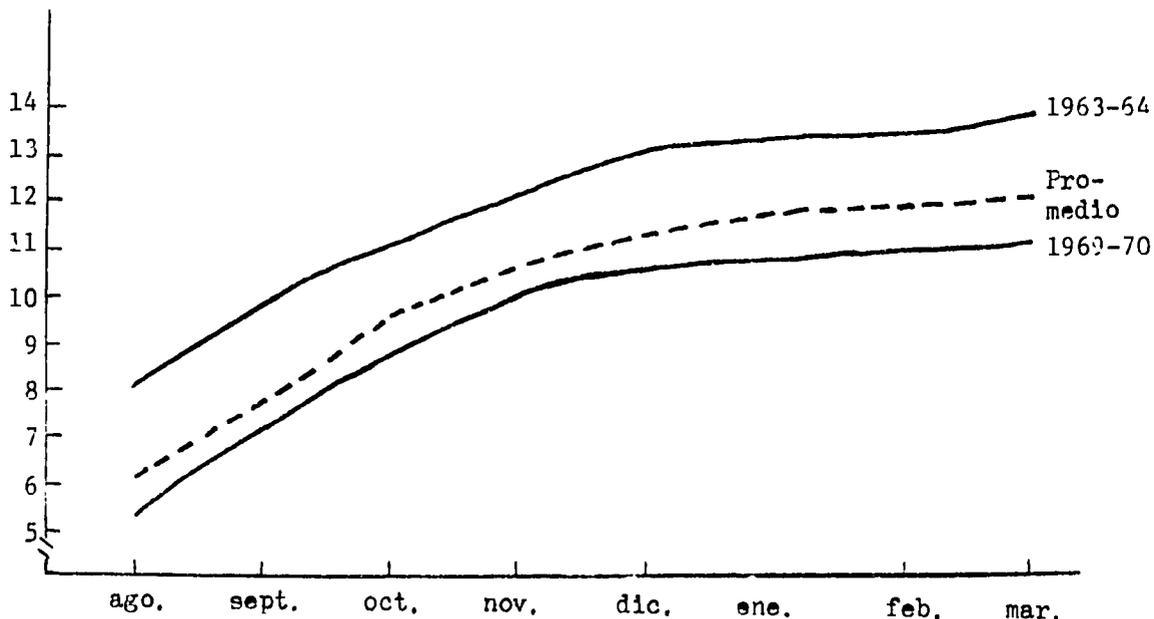


Figura 5 - Conversión de Volumen a Frutas por Caja (Toronjas sin Semilla)

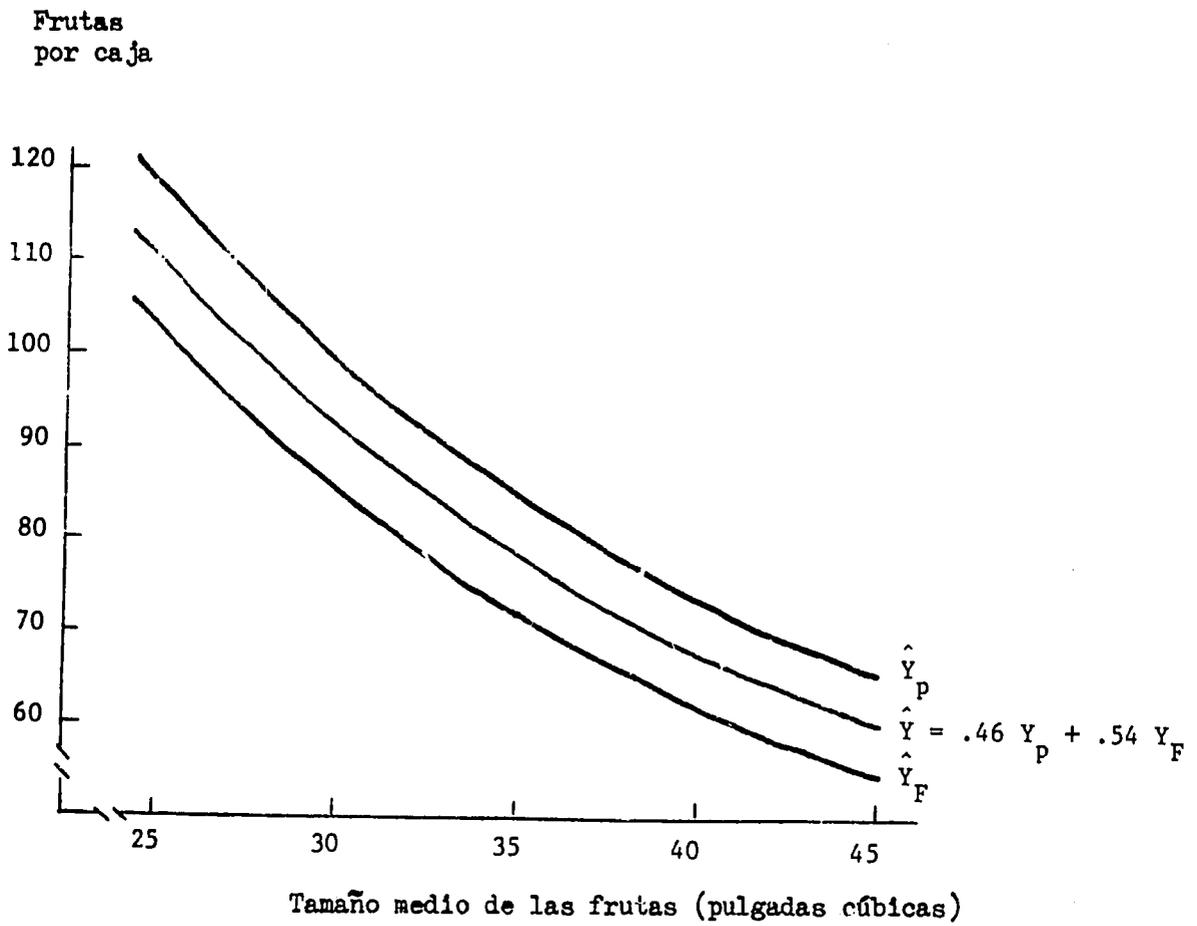
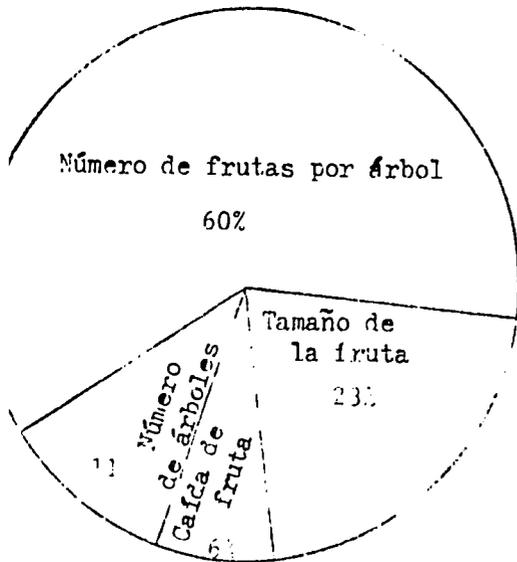
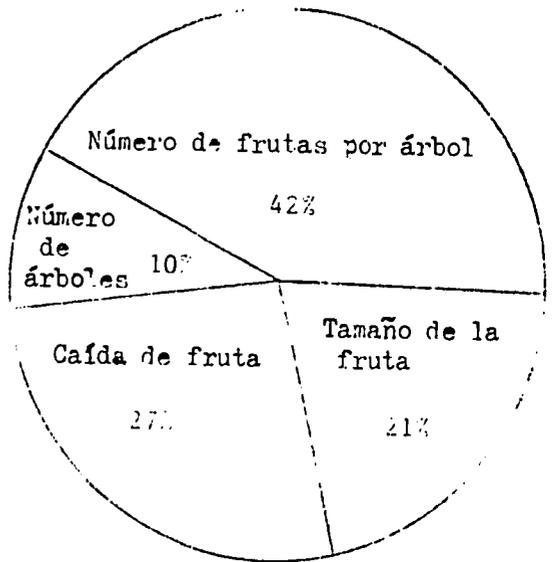


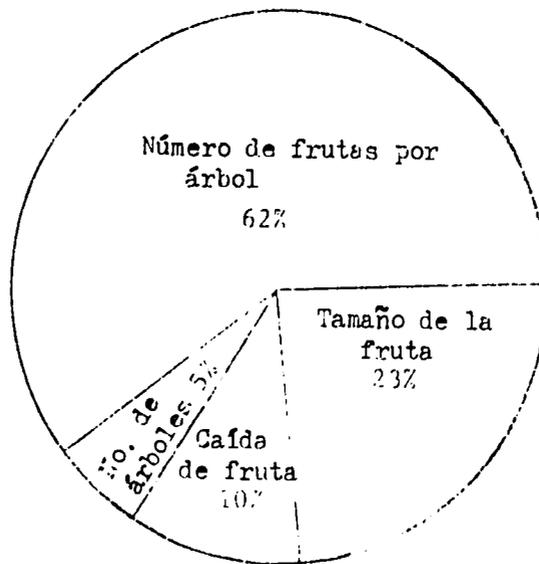
Figura 6 - Importancia Relativa de Factores que Afectan el Cambio Anual Medio en Producción de Cítricos en la Florida 1960-61 a 1967-68



Naranjas tempraneras y de media estación



Naranjas Valencia



Toronjas sin semilla

2.6 Modelos de Simulación Basados sobre Fisiología de la Planta

2.6.1 Introducción

Modelos de simulación del crecimiento de las plantas que toman en cuenta la combinación suelo-planta-atmósfera han sido introducidos solamente en fecha reciente. El impulso que inició el desarrollo de modelos del crecimiento de cultivos que involucraba el ambiente de la planta resultó del éxito en el modelado de la fotosíntesis. Hasta la fecha se han desafrollado tales modelos para maíz, sorgo, algodón, alfalfa, cebada, y trigo. Estos modelos han sido útiles como herramientas para el manejo de cultivos y en la investigación científica. Sin embargo, la modificación de estos modelos determinísticos para la pronóstico de rendimiento de cultivos para áreas grandes requiere el conocimiento del ambiente diario de la planta para cada día de toda la estación de crecimiento, y también un conocimiento detallado de la planta y cómo funciona en este ambiente. Estas relaciones se basan en cómo las partes principales de la planta responden cada día a su ambiente.

Se presenta una breve relación de un método de Arkin, Vanderlip, y Ritchie para calcular el crecimiento y desarrollo diarios de una planta común y corriente de sorgo en un sembrío en el campo. La aparición de las hojas, su velocidad de crecimiento y los momentos en que ocurren estos eventos son características de crecimiento que se incorporan en el modelo. Debe estar claro que el objetivo es modelar todo el ciclo de la planta y no solamente su fase reproductiva. Por esto, la adaptación de estos modelos a la pronóstico de rendimiento requiere un modelado muy exacto de los componentes de rendimiento y una simulación verdadera de los insumos climáticos diarios durante toda la estación de crecimiento.

2.6.2 El Modelo

Los procesos físicos y fisiológicos de la intercepción de la luz, la fotosíntesis, respiración y uso del agua son modelados independientemente y usados como submodelos. El peso seco acumulado (o rendimiento) para el cultivo es el producto de la población de plantas y el peso modelado de una planta "de promedio". La mayoría de las ecuaciones que describen estos procesos se derivan empíricamente de mediciones hechas en el campo o en experimentos controlados. El modelo opera sobre una base diaria y, por lo tanto, solo insumos climáticos diarios se necesitan. Otros insumos se inicializan (i.e., se suponen) al principio del curso del modelado. La figura 7 da un diagrama generalizado del flujo para el modelo. Los insumos requeridos se muestran en la tabla 20.

Figura 7 - Diagrama de Flujo del Modelo para Simulación del Sorgo

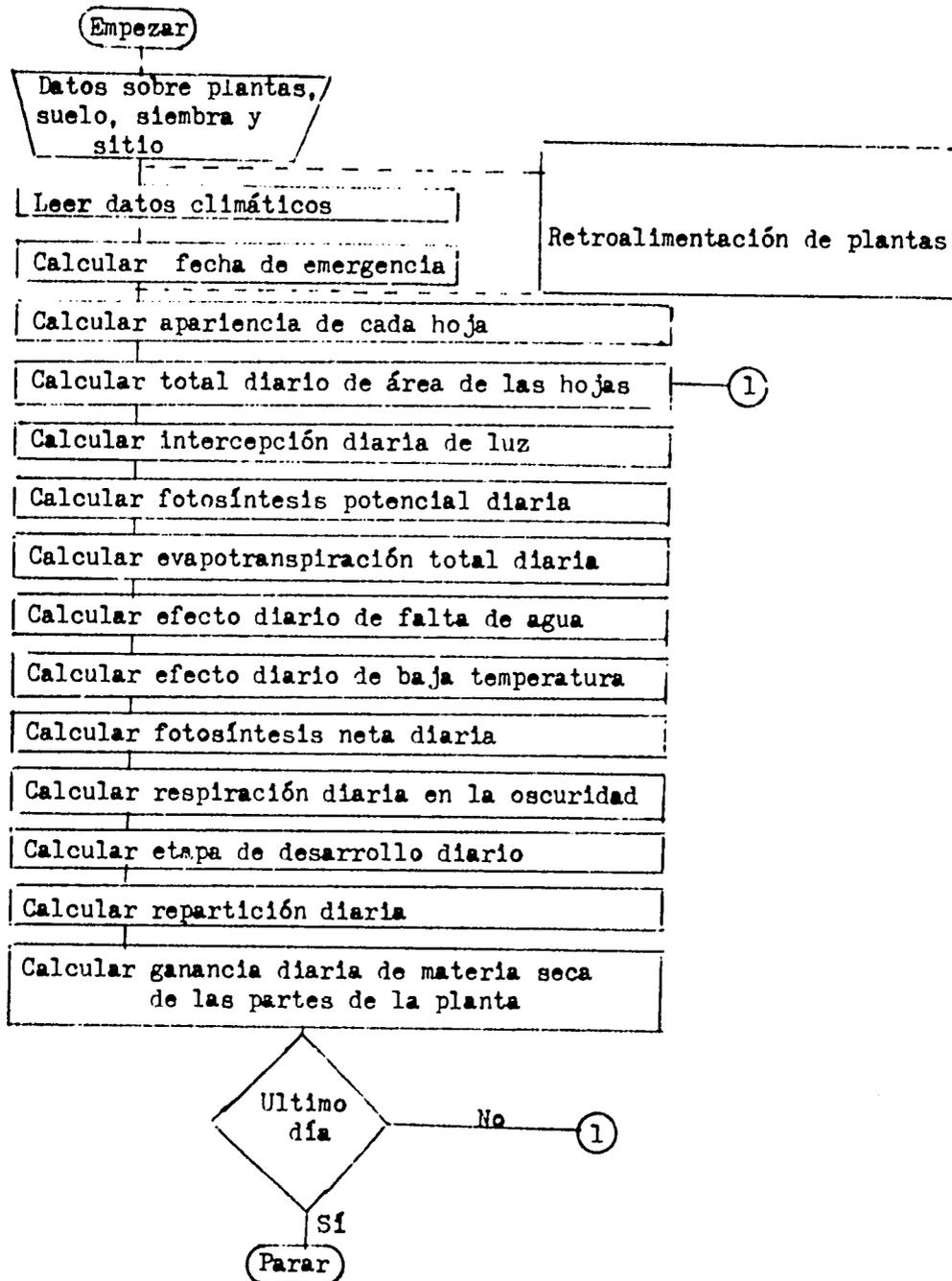


Tabla 20 - Insumos Requeridos para el Modelo de Simulación del Sorgo

A. Para Modelo sin Datos de Retroalimentación

Datos de las Plantas

Número de hojas: número total de hojas producidas
Área de la hoja: área máxima de cada hoja, en cm^2

Datos sobre Siembra

Fecha de la siembra: día, mes, año
Población de plantas: número de plantas por hectárea
Anchura de la hilera, en cm
Dirección de la hilera, en grados

Datos Climáticos (diariamente desde la siembra hasta la madurez)

Temperatura máxima, en $^{\circ}\text{C}$
Temperatura mínima, en $^{\circ}\text{C}$
Radiación solar, en ly/día
Lluvia, en cm/día

Datos sobre Suelos

Capacidad de retención de agua disponible, en cm
Contenido inicial de agua disponible, en cm

Datos sobre Sitio

Latitud, en grados

B. Para Modelo con Datos de Retroalimentación de las Plantas (para una o más fechas específicas durante la estación de crecimiento)

Número de hojas completamente expandidas
Número de hojas presentes pero no completamente expandidas
Peso de hoja
Peso de tallo
Peso de cabeza
Peso de grano
Peso de raíz
Agua en el suelo
Índice de área de hoja
Área de hoja individual

2.6.2.1 Emergencia de la Plantita

Las semillas absorben agua aun cuando el contenido de agua en el suelo es muy bajo. Por lo tanto, la emergencia de la plantita tal como se calcula se supone que es dependiente únicamente de la temperatura. La temperatura media del aire se usa en el cálculo de días hasta la emergencia. Se determinó que el umbral de temperatura del suelo es de aproximadamente 10°C , abajo del cual las semillas no nacerán, pero siendo el principio de la escala de temperatura en que sí emergerán. La relación entre unidades de calor arriba del umbral derivadas de la temperatura media (i.e., $(\text{máxima} + \text{mínima})/2$) y el día de emergencia es lineal.

2.6.2.2 Desarrollo de Número de Hojas y su Area

Para determinar la cantidad de luz (radiación que es activa fotosintéticamente en la banda de ondas de 0,4 a 0,7 micrones) interceptada por el follaje de la planta de sorgo, es necesario conocer el área de las hojas de la planta, puesto que la cantidad de luz interceptada depende principalmente del área de la hoja. A su vez, la acumulación de materia seca en la planta (aumento de peso), que es principalmente una consecuencia de la fotosíntesis, depende de la luz. El área de las hojas por planta también se necesita para calcular la transpiración cuando el follaje solo cubre parcialmente el suelo.

Se modeló el desarrollo del área foliar de insumos de número de hojas producidas por el híbrido sembrado y el área máxima de una hoja. Estudios fitotrónicos y en el campo han demostrado que la rapidez con que aparecen las hojas del verticilo en la planta de sorgo, y la rapidez con que las hojas expanden fuera del verticilo están relacionadas con la temperatura media diaria (o unidades de calor) cuando las plantas reciben suficiente agua.

La rapidez de aparición de las hojas se calcula sumando las unidades de calor diarias arriba de una temperatura base de 7°C . Se inicia una nueva hoja cada vez que se acumulan 50 unidades de calor. La rapidez de extensión de las hojas se calcula de modo algo similar. El área diaria de las hojas se calcula sumando la nueva área cada día para las hojas en expansión y el área foliar de la planta que fue calculada el día anterior. La senectud foliar (muerte o chamusco) resulta en una reducción del área foliar.

2.6.2.3 Intercepción de Luz por el Follaje

Las hojas en la planta se traslapan y las plantas vecinas pueden sombrearse. Por esto, no todo el área foliar de la planta intercepta luz. La sombra del follaje de la planta es dinámica y cambia con la altura y dirección del sol, y el tamaño de la planta. Para tomar en cuenta estas interacciones, se formuló un modelo matemático para calcular la intercepción de la luz por una planta de sorgo. La intercepción de la luz por una planta entre el follaje se calcula utilizando una modificación de la ecuación de Bouguer-Lambert (comúnmente llamada la Ley de Beer).

2.6.2.4 Fotosíntesis Neta Potencial

La fotosíntesis neta potencial, definida como la cantidad neta de CO_2 fijada durante las horas de luz sobre la base de área terrestre en la ausencia de limitaciones de agua y temperatura, fue calculada usando relaciones desarrolladas de datos obtenidos de una cámara de intercambio de gases del follaje y de mediciones simultáneas de la intercepción de luz.

2.6.2.5 Fotosíntesis Neta Diaria

Se usa en el modelo una serie de funciones de eficiencia que reflejan los efectos de condiciones no óptimas de temperatura del ambiente y de agua en el suelo sobre el crecimiento de la planta. Cada parámetro de eficiencia es una fracción sin dimensión con valor desde 0 a 1. Se desarrolla una relación multiplicativa para calcular la fotosíntesis neta. Esta expresión para la fotosíntesis neta se basa en la hipótesis de que las variables limitantes del ambiente reducen proporcionalmente la velocidad fotosintética sin importar el valor de las demás variables limitantes. Cada parámetro de eficiencia representa una restricción ambiental particular de la velocidad de fotosíntesis. La fotosíntesis neta se calcula por la multiplicación de la fotosíntesis potencial por el parámetro de eficiencia para temperatura y agua en el suelo, y luego la substracción de las pérdidas nocturnas de respiración.

La temperatura media del ambiente se utilizó para aproximar la temperatura del cultivo, porque la temperatura de la planta es raramente disponible y la fotosíntesis neta es relativamente insensible a pequeñas diferencias entre la temperatura de la hoja y la del aire. Reducciones en la fotosíntesis neta a causa de la baja cantidad de agua en el suelo se consideraron como proporcionales a la reducción en la transpiración de la planta que resulta de la disponibilidad limitada de agua. La evaporación de la planta no está afectada hasta no llegar a un umbral

el valor de agua extraíble del suelo. El valor de umbral depende del tipo de suelo y de cultivo. Se determina diariamente la cantidad de agua extraíble, usando un modelo de equilibrio entre suelo y agua (basado en una ecuación Penman modificada). Cuando aproximadamente el 80 por ciento del agua extraíble se haya perdido por la evapotranspiración, se reduce la fotosíntesis neta, porque el parámetro de eficiencia se vuelve menos que 1. Esta relación es especulativa y la fotosíntesis neta puede ser afectada en mayor grado si es más limitada por la cantidad de agua en el suelo que por la evapotranspiración.

2.6.2.6 Etapa de Desarrollo

Hay 10 etapas que se han encontrado útiles al describir el desarrollo de la planta: (1) emergencia, (2) de tres hojas, (3) de cinco hojas, (4) diferenciación de la punta de crecimiento, (5) hoja bandera visible, (6) apariencia de la bota, (7) media floración, (8) grano como masilla blanda, (9) grano como masilla dura, (10) madurez fisiológica.

Tres etapas son de especial importancia para determinar qué partes de la planta están aumentando de peso: la diferenciación de la punta de crecimiento (DPC), media floración (MF), y madurez fisiológica (MFs). Por la razón de que la apariencia y expansión de las hojas fueron simuladas en el modelo para el sorgo de grano, el desarrollo fásico se definió con respecto a la apariencia de las hojas. Por ejemplo, DPC normalmente ocurre en medio de cinco hojas expandidas y hoja bandera visible en el verticilo. La fecha en que ocurre DPC se definió como el punto medio entre la fecha calculada que la hoja número 5 (contando desde la base) alcanza su área máxima y la fecha calculada para la emergencia de la hoja bandera.

2.6.2.7 Ganancia Diaria en Materia Seca

La fotosíntesis neta (p) se calcula y se convierte en materia seca, usando la siguiente relación:

$$MS = \frac{12}{44} \times \frac{1}{0,4} \times p$$

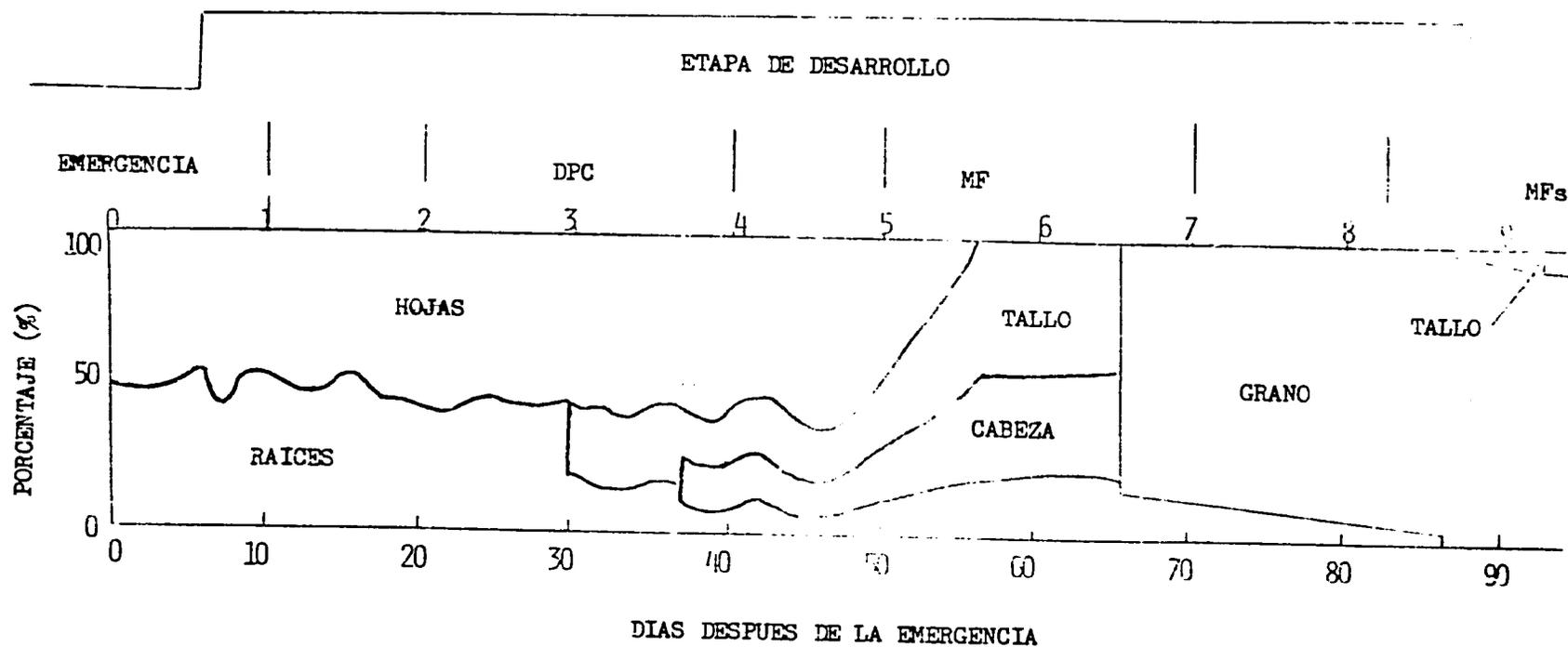
donde MS es materia seca, 12/44 es la razón de los pesos moleculares de C y CO₂, respectivamente, y 0,4 es la proporción de la materia seca de la planta que es carbón. Las proporciones asignadas a cada órgano fueron derivadas empíricamente. Sin embargo, la cantidad absoluta de materia seca asignada a un órgano particular dependió de la cantidad de fotosíntesis producida ese día. La asignación diaria de la materia seca

de la planta a las varias partes de ella se muestra en la figura 9 en la página 86.

2.6.3 Insumos de datos

Está claro que se necesitan **datos** de insumo bastante detallados y exigentes, como se ve en la tabla 20, para llevar un modelo de simulación de un cultivo. Además se necesitan los datos climáticos diariamente durante toda la estación de desarrollo del cultivo. Por lo tanto, se necesita un pronóstico diario de las cuatro variables climáticas desde el momento de la siembra. Estos valores pueden generarse por la simulación de valores diarios de las distribuciones empíricas de estas cuatro variables en un período base de 10 a 25 años. O, en caso de que hay pronósticos de largo alcance del tiempo, las distribuciones empíricas entonces pueden modificarse por una relocalación del vector medio y entonces usarse para la simulación. En cualquier caso, los datos simulados se substituyen por los datos climáticos reales que ocurrirán, y se hace funcionar el modelo desde la fecha del pronóstico hasta la madurez o la cosecha. Para reducir la dependencia del modelo de los parámetros derivados históricamente al simular las características de respuesta (partes de la planta), se pueden usar las partes de planta observadas en momentos claves durante la estación. Asimismo, las características observadas en las plantas pueden ser útiles para ajustar o corregir el modelo para ponerlo de acuerdo con la planta "típica" en el campo comercial del año en curso, mediante el insumo de datos reales varias veces durante la estación de desarrollo. Esto conduce a una subrutina adicional en el diagrama de flujo de la figura 7, llamada "subrutina de retroalimentación de la planta", que puede hacerse tan detallada como sea posible observar o medir las partes de una planta típica en el campo. Algunos insumos claves de las plantas para este propósito son: (1) peso seco de la planta, (2) peso seco de toda la cabeza, (3) peso seco del grano, (4) número de hojas, y (5) tamaño de hojas individuales. El valor insumado reemplaza el valor calculado por el modelo para la fecha de la observación, y se vuelve a empezar el modelo el día siguiente y el crecimiento diario se continúa hasta la madurez fisiológica. De modo igual, las variables diarias del tiempo que hay que insumarse, o tienen que ser pronosticadas, o simuladas de datos históricos para obtener el rendimiento por planta. Estas clases de modificaciones en el modelo de Arkin, Vanderlip, y Ritchies se hicieron para hacer el modelo más útil para la estimación del rendimiento de áreas grandes.

Figura 8 - Materia seca que sirve de division a las partes de plantas



2.6.4 Ejemplo de Resultados del Modelo con Datos Observados en las Plantas

Una subrutina de retroalimentación y la simulación de variables diarias del tiempo fueron desarrolladas para ayudar en el pronóstico de rendimientos de sorgo cultivado en un área algo grande. Se usó un modelo de generación de tiempo para simular el tiempo diario probable durante la estación de crecimiento. Los datos de tiempo generados fueron derivados por un procedimiento que reproduce los datos históricos de tiempo en años anteriores.

Características típicas de las plantas en un campo individual se usaron para la simulación del crecimiento del sorgo desde la fecha de la retroalimentación (i.e., la fecha en que se observaron las plantas) hasta la madurez fisiológica. Se da en la tabla 21 una muestra de la utilización del submodelo de retroalimentación. Inspeccionando la tabla se notará lo siguiente:

El 7 de junio se retroalimentó al modelo la siguiente información observada en el campo: 14 hojas plenamente desarrolladas, IAH* = 2, peso seco de la planta = 20,05 gramos, peso seco de la cabeza = 3,69 gramos. El modelo entonces simuló el peso total de la planta y el peso seco de la cabeza y calculó la fecha de la madurez fisiológica. Las observaciones hechas en las plantas y las modeladas se muestran para su comparación. Este pronóstico se hizo aproximadamente un mes antes de la madurez fisiológica y dos meses antes de la cosecha. El IAH siempre se sobreestimaba, porque el submodelo de senescencia no respondía a condiciones de baja cantidad de agua en el suelo.

* Índice de Area de las Hojas

Tabla 21 - Características de Plantas Observadas y Simuladas por Modelo

Fecha y característica	Datos observados	Modelo sin retroalimentación	Modelo con retroalimentación
3 de mayo			
No. de hojas maduras	8	14	
IAH	0,83	3,35	
Peso seco planta (g)	2,36	16,16	
Peso seco cabeza	0,00	2,22	
18 de mayo			
No. de hojas maduras	10	14	
IAH	1,51	3,16	
Peso seco planta	6,03	29,94	
Peso seco cabeza	0,00	7,05	
7 de junio			
No. de hojas maduras	14		14
IAH	2,00		2,00
Peso seco planta	20,05		20,05
Peso seco cabeza	3,69		3,69
24 de junio			
IAH	2,40		2,59
Peso seco planta	44,92		46,44
Peso seco cabeza	21,27		17,25
Madurez Fisiológica			
Fecha	3 de julio	3 de junio	10 de julio
IAH	1,40	2,95	2,43
Peso seco planta	50,70	50,05	50,04
Peso seco cabeza	35,70	31,93	33,05
Emergencia	15 de marzo	11 de marzo	15 de marzo
Antesis	7 de junio	10 de mayo	7 de junio

2.7 La Pronosticación de Rendimientos para Pequeñas Áreas Geográficas

2.7.1 Introducción

En el capítulo 1 se dijo que los esfuerzos por emplear datos auxiliares o el muestreo doble para ajustar las encuestas de corte de muestras con el fin de obtener rendimientos actuales para pequeñas regiones geográficas han resultado generalmente sin éxito. Sin embargo, la combinación de información derivada de satélite con datos apropiados de respuestas de las plantas o los campos puede ofrecer una base para el desarrollo de estimadores estadísticos con errores estándares medibles para pequeñas áreas. La técnica ilustrada potencialmente rinde mucho por el costo, porque el satélite cubre áreas geográficas grandes, y los datos de campo requeridos se aumentan solo marginalmente sobre los necesarios para hacer estimaciones de rendimientos para áreas grandes. De modo similar, se pueden obtener estimaciones de hectaraje de pequeñas áreas*, de manera que la producción se deriva como el producto de rendimiento por el hectaraje. Se describe un procedimiento para obtener estimaciones de rendimientos del maíz por condados en el Estado de Illinois durante el año de cultivo de 1975.

2.7.2 Método para el Muestreo

Se seleccionó una submuestra de maizales, basada sobre una muestra probabilística de áreas, como la fuente de los campos individuales de maíz. Un subconjunto de estos campos de maíz basado sobre "píxeles" (el "pixel" se define como un elemento de un retrato de la superficie terrestre tomado por el satélite y que representa un área de aproximadamente 1,1 acres, o 0,45 hectárea) clasificados como maíz y usando una función cuadrática discriminante, se utilizó para desarrollar las relaciones de rendimiento. Es decir, se termina primero la clasificación de todos los "píxeles" según el cultivo que cubren, y la relación con rendimiento se basa en los datos para los maizales que son clasificados como maizales por la función discriminante. Entonces se localizaron estos campos en las cintas magnéticas digitales de LANDSAT y se derivó un vector medio de los cuatro valores de canales espectrales para todos los "píxeles" en cada maizal y se aparejaron con el rendimiento pronosticado y el cosechado basado sobre datos objetivos de rendimiento para esos mismos maizales.

"A New Approach to Small Area Crop-Acreage Estimation," Harold F. Huddleston and Robert M. Ray III, Conferencia Anual de la Asociación Americana de la Económica Agrícola, Pennsylvania, Agosto 1976.

Además, se derivó un vector medio para los cuatro canales para todos los "píxeles" clasificados como maíz en cada condado, más el vector medio para todos los "píxeles" clasificados como maíz en la totalidad del distrito de análisis de 10 condados. Es decir, la completa población de "píxeles" es clasificada según cultivo para cada condado además de serlo para el grupo de condados abarcados por la escena de LANDSAT. Los "píxeles" en los campos muestrales de maíz que también son clasificados como maíz son un subconjunto de todas las hectáreas clasificadas como de maíz. Los vectores medios para los datos espectrales se obtuvieron de los imágenes LANDSAT correspondientes al 4 de agosto de 1975, pero los datos de las plantas y los campos cubren un período de 10 días alrededor del 28 de agosto de 1975. Datos categóricos de la cinta clasificada fueron apareados con la cinta no clasificada con los valores espectrales para derivar la información LANDSAT que se necesitaba para el procedimiento de estimación del rendimiento.

2.7.3 Modelo para la Estimación de Rendimiento

Los modelos para rendimiento son los mismos que los usados para hectaraje, excepto que la variable independiente es ahora un vector de cuatro valores de canal. La estimación del rendimiento para un condado o cualquier área pequeña se logró mediante un estimador de regresión de muestreo doble, usando los datos de LANDSAT y una muestra probabilística de campos para el área grande del marco LANDSAT. Consecuentemente, fue posible derivar un estimador de regresión de doble muestreo utilizando campos individuales en un área grande y aplicar la relación a condados individuales. Se desarrollaron varias posibles regresiones para corresponder a variaciones en los componentes del modelo de rendimiento en varias fechas. Una regresión relaciona rendimiento basado en plantas por hectárea el 1^o de agosto como la variable principal con los cuatro valores espectrales de LANDSAT, mientras la segunda regresión relaciona el rendimiento basado en el número de mazorcas con grano por hectárea como la variable principal con los mismos cuatro valores espectrales de LANDSAT. Para un pronóstico temprano de rendimiento, el grano por planta o por mazorca sería basado en un promedio móvil de corto término. El número medio estimado de plantas (o tallos) por hectárea derivado de una regresión para cada condado es multiplicado por un peso histórico de grano por planta para obtener el rendimiento bruto o biológico por hectárea. Un segundo modelo que se consideró se basó sobre el número medio estimado de mazorcas por hectárea el 1^o de septiembre para cada condado, que fue entonces multiplicado por un peso histórico de grano por mazorca para obtener el rendimiento

bruto. El peso medio usado fue sobre la base de peso por tallo y por mazorca. En este modelo, tallo y planta tienen un significado algo diferente, porque se contaron los vástagos como tallos. Estos pesos fueron derivados usando un modelo transitorio de promedio móvil truncado después de cinco años para Illinois, con $a = \frac{1}{2}$. Es decir, la fórmula para peso por mazorca es:

$$\bar{w}_E = \frac{\frac{1}{2}w_1 + \frac{1}{4}w_2 + \frac{1}{8}w_3 + \frac{1}{16}w_4 + \frac{1}{32}w_5}{\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32}} = 0,340$$

donde w_1, w_2, \dots, w_5 eran los pesos por mazorca desde 1974 hasta 1969.

Si $a = \frac{1}{3}$, la correspondiente fórmula para peso por mazorca es:

$$\bar{w}_E = \frac{\frac{2}{3}w_1 + \frac{2}{9}w_2 + \frac{2}{27}w_3 + \frac{2}{81}w_4 + \frac{2}{243}w_5}{\frac{2}{3} + \frac{2}{9} + \frac{2}{27} + \frac{2}{81} + \frac{2}{243}} = 0,332$$

Sin embargo, un peso alternativo por mazorca para campos individuales se derivó usando un estimador de peso basado sobre medidas de longitud de la mazorca el 1° de septiembre del año en curso, y se multiplicó por el número de mazorcas por hectárea para obtener un pronóstico del rendimiento por hectárea para cada campo. Este rendimiento por hectárea se usó para derivar el estimador de rendimiento para condados, como de la fecha del 1° de septiembre.

Aunque un número de distintas variables o combinaciones de variables basadas sobre los vectores medios de campo y los vectores de variancia se investigaron con el uso de los imágenes de agosto de 1975 en el oeste de Illinois, solo dos juegos de variables espectrales dieron consistentemente una significación estadística: (1) los medios de canal 2 y canal 4, y (2) los medios de canal 2 y canal 4 más las variancias de canal 2 y canal 4. Las regresiones basadas sobre el conjunto de datos (1) para el pronóstico de rendimiento del 1° de septiembre y el rendimiento final al cosechar, correspondientes al área de 10 condados dentro del marco de LANDSAT del 4 de agosto son como sigue:

$$\text{Pronóstico del 1° de septiembre: } \hat{Y}_s = \bar{y}_s - 8,68(\bar{x}_2 - \bar{X}_2) - 2,16(\bar{x}_4 - \bar{X}_4)$$
$$R = 0,56$$

$$\text{Rendimiento al cosechar: } \hat{Y}_h = \bar{y}_h - 10,68(\bar{x}_2 - \bar{X}_2) - 0,56(\bar{x}_4 - \bar{X}_4)$$
$$R = 0,49$$

- donde
- \hat{Y}_s = rendimiento pronosticado de maíz por acre (0,405 hectárea) para el área geográfica el 1^o de septiembre
 - \hat{Y}_h = rendimiento por acre logrado en el área geográfica al cosechar
 - \bar{y}_s = rendimiento por acre pronosticado para una muestra de campos el 1^o de septiembre
 - \bar{y}_h = rendimiento por acre logrado por corte de los campos de muestra en el momento de la cosecha
 - \bar{x}_2 = valor espectral medio para canal 2 el 4 de agosto para todos los pixeles clasificados como maíz en el condado
 - \bar{x}_4 = valor espectral medio para canal 4 el 4 de agosto para todos los pixeles clasificados como maíz en el condado
 - \bar{X}_2 = valor espectral medio para canal 2 el 4 de agosto para todo el área geográfica de 10 condados
 - \bar{X}_4 = valor espectral medio para canal 4 el 4 de agosto para todo el área geográfica de 10 condados
 - B_2 y B_4 = (-8,68 y - 2,16) y (-10,68 y -0,56) = coeficientes de regresión
 - R = coeficiente de correlación múltiple.

La ganancia en información por el uso de datos espectrales para la estimación de rendimientos puede ser calculada, basada en la razón de variancias. Para rendimientos de maíz, estas ganancias en información se encuentran en la gama de 1,27 a 1,42. Basada sobre estos conjuntos de datos para el oeste de Illinois en 1975, la ganancia potencial de información es mucho menor que la obtenida en la estimación de hectáreas. Sin embargo, se podría mejorar la relación (i.e., aumentar la correlación) si se aumenta el número de parcelitas por campo. Sin embargo, el uso de los datos espectrales de LANDSAT para hectaraje y para rendimiento resultaría en una ganancia de información de aproximadamente $7,0 \times 1,3 = 9,1$ para la estimación de la producción de maíz de un solo marco o grupo de 10 condados.

2.8 Resumen del Modelado de Rendimiento para la Pronosticación

Las técnicas tratadas en este capítulo pueden agruparse en seis categorías basadas en la fuente y el tipo de datos empleados, como sigue:

(1) opiniones o evaluaciones de los agricultores, (2) componentes y características de las plantas, (3) relaciones agrometeorológicas basadas sobre factores de las plantas y los dependientes del tiempo, (4) relaciones históricas entre clima y rendimiento, (5) datos auxiliares de variables del ambiente y de rendimientos, y (6) modelos de crecimiento de plantas.

En general, las categorías (3) y (4) confían más en los datos históricos sobre los años, mientras (2), (5) y (6) dependen de datos más detallados y de la observación de las respuestas de las plantas dentro del año. La categoría (1) puede estar relativamente libre de relaciones entre años y dentro de años cuando los agricultores son buenos pronosticadores del rendimiento de un cultivo. Sin embargo, la adquisición de los datos necesarios para implementar el modelo de pronosticación en cada caso puede ser el criterio clave en la selección de la técnica que ha de usarse. Hay que contestar varias preguntas acerca de la adquisición de los datos antes de hacer una decisión. (1) ¿Cuánto costará recolectar los datos? (2) ¿Pueden recolectarse los datos a tiempo para la fecha del pronóstico? (3) ¿Qué agencia o agencias tendrán la responsabilidad de recolectar los datos? (4) ¿Existen ya las relaciones básicas o valores de prueba para los parámetros necesarios para evaluar la técnica? (5) ¿Qué tipo de personal o capacitación será necesario? (6) ¿Las variables necesarias serán sencillas tareas de recolección de datos o se necesitará instrumentación para usar los conceptos?

Basándose en las técnicas alternativas de pronosticación que se han descrito, pueden establecerse guías para estas técnicas cuando se piensa empezar un programa nuevo o hacer un cambio mayor en uno existente.

En general, las técnicas que requieren series largas de datos históricos no son muy adaptables a una situación agrícola cambiante o altamente competitiva. Consecuentemente, se prefieren sistemas que serán válidos para pronosticar en años futuros donde la dependencia puede ser limitada a un período corto (los últimos 3 ó 4 años), o es posible observar parámetros claves cada año. Si no hay tendencias mayores en el rendimiento, entonces un sistema que puede usar información de una serie de años para pronosticar el año en curso probablemente será válido.

Sistemas basados sobre técnicas de las categorías (1) o (2) son preferidos como punto de partida para estimar y pronosticar rendimientos, porque los rendimientos cosechados tienen que ser medidos como base para evaluar

las técnicas de pronosticación. Por lo tanto, una de estas dos probablemente se requerirá para este fin (i.e., determinación de rendimiento en la cosecha, basada sobre informes de los agricultores, o por cortes de muestras). Si los agricultores son razonablemente expertos en pronosticar los rendimientos de sus cultivos y conocen su producción por explotación o campo, la utilización de informes de los agricultores en una muestra probabilística puede justificar la esperanza de obtener pronósticos algo exactos a un costo razonable y a tiempo. Sin embargo, frecuentemente hay una tendencia a descontar una técnica basada sobre evaluaciones del cultivo, a causa de deficiencias técnicas informadas en algunos estudios debido al muestreo de una población equivocada, falta de un marco de muestreo, definición de una población que no es la que se estimará, falta de concordancia con los datos de producción existentes, y temores de que los agricultores no sean honrados en sus informes. En muchos casos, se han encontrado satisfactorios los informes sobre rendimientos cosechados, pero los datos de producción no fueron satisfactorios porque el área cosechada no se conocía exactamente debido a estimaciones sesgadas o erróneas del área sembrada o cosechada. A veces se hace también la inferencia de que, porque los funcionarios o líderes locales no pueden suministrar informes confiables u oportunos sobre rendimientos, los agricultores tampoco pueden suministrar datos útiles. Probablemente no se usan suficientemente los métodos que confían en muestras probabilísticas de agricultores que informan sobre rendimientos y áreas por campos. Sin embargo, si los agricultores no pueden suministrar datos confiables sobre rendimientos, es preferible un pronóstico que depende de componentes de la planta madura o la planta cosechada. Otra razón para preferir la categoría (2) en esta situación es que es fácil introducir modificaciones en el modelo que utilizarán las variables de tiempo o de ambiente que se sugirieron para las categorías (3) y (5). Las técnicas empleadas de esta categoría generalmente requieren capacitación y preparación previas para el trabajo de campo, además de una derivación cuidadosa de los parámetros para los modelos de pronosticación. Tal sistema puede servir las necesidades del manejo del mercadeo y proveer una base para medir cambios en las técnicas culturales como están indicados por cambios en los componentes de rendimiento en el modelo sobre los años. Para que un sistema también dé información sobre la respuesta de las plantas al agua y otros factores durante la estación, se requiere un modelo más sofisticado basado sobre las ideas de (6).

Se necesitan como tres años para desarrollar e implementar un programa operacional de estimaciones de rendimiento para un cultivo que emplea observaciones anteriores a la cosecha. De hecho, si la meta es tener en operación una encuesta exitosa de corte de muestras antes de la cosecha durante el tercer año, se necesita un esfuerzo intensivo y bien planeado de parte de especialistas experimentados en cultivos, y estadísticos matemáticos.

Típicamente, el esfuerzo del primer año se limitaría a unos pocos campos para obtener medidas preliminares de variabilidad para establecer el tamaño de parcelitas y otros aspectos del diseño muestral, y para desarrollar definiciones e instrucciones operacionales para los conceptos que se usarán para una encuesta piloto el año siguiente. Se ensayarían técnicas alternativas de medir el rendimiento en pequeñas parcelitas. Esto incluiría una consideración de varias maneras de localizar objetivamente las parcelitas de muestra y averiguar las ventajas de instrumentos, equipo o conceptos alternativos. Se identificarían fuentes potenciales de sesgo o error y se considerarían medios de control. Además, es de mucha ayuda una manera de estimar las pérdidas en la cosecha, basada sobre la limpia de parcelitas de muestra después de la cosecha, o la obtención de datos de producción de unos campos comprobatorios. Así, pues, la meta del esfuerzo del primer año es desarrollar tan ampliamente como sea posible para su ensayo el siguiente año un conjunto de especificaciones sanas y detalladas de operación, incluyendo planes para la capacitación y un plan bien diseñado para medir la calidad del trabajo hecho.

El esfuerzo del segundo año podría verse como una operación piloto intensiva y extensiva, utilizando una muestra que podría ser la quinta o la cuarta parte del tamaño planeado para un programa completo operacional. De la experiencia del segundo año debe obtenerse información mucho mejor acerca de los componentes de la variancia y el tiempo requerido para cada etapa del trabajo, de modo que el diseño de la muestra se podrá optimizar. Verificación de la calidad del trabajo de campo debe proveer una base para mejorar los procedimientos de campo, que tienen que ser rigurosos y estrictamente controlados.

El tercer año se consideraría como el primer intento de implementar un programa al nivel operacional. Los asuntos de diseño de la muestra se revisarían y se discutirían en detalle; lo que se enfatiza, sin embargo, es la importancia de un esfuerzo balanceado que dé procedimientos rigurosos y estrictamente controlados con respecto a todas las fuentes importantes de error. La experiencia ha indicado que los sesgos inherentes pueden eliminarse o controlarse efectivamente mediante la capacitación intensiva del personal de campo, supervisión estricta, verificación de calidad, y el uso de procedimientos de campo claros, concisos, y bien definidos; pero es esencial la observación astuta para la identificación y control de factores que afectan la calidad de los resultados. Este tipo de experiencia tiene que encontrarse o desarrollarse temprano en el programa.

Las estimaciones derivadas del muestreo previo a la cosecha son disponibles más temprano que las derivadas de los informes de los agricultores. Antes de la cosecha, un agricultor solo puede informar su evaluación de las perspectivas del cultivo. Por el otro lado, las estimaciones basadas en el muestreo previo a la cosecha tienen que depender de pérdidas de cosecha de años anteriores, o ser demoradas hasta cuando sea posible determinar las pérdidas de cosecha mediante la limpia de parcelitas de muestra después de la cosecha, o por la cosecha comercial de las mazorcas y la recolección del grano de un número conocido de mazorcas.

En el caso de productos de árboles hay frecuentemente un interés mayor en un pronóstico varias semanas antes de la madurez del producto. Estas encuestas son substitutos del muestreo previo a la cosecha o del corte de muestras cuando estarán disponibles informes de los agricultores sobre las cantidades vendidas para la elaboración, especialmente cuando la totalidad del cultivo se cosecha dentro de un período corto. Las cantidades cosechadas se complican por el hecho de que la cantidad de algunos frutos no recolectados como resultado de la cosecha selectiva puede variar bastante de año a año.

Además de la ventaja de objetividad, el muestreo previo a la cosecha ofrece un medio de obtener información valiosa que no puede obtenerse fácilmente de otro modo. Mediante el análisis de laboratorio de muestras tomadas de los campos se obtiene información sobre varios atributos de la calidad del cultivo. La calidad del cultivo, los componentes del rendimiento, y las pérdidas en la cosecha pueden relacionarse a variedades, prácticas culturales, el tiempo, equipo o métodos de cosecha usados, y otros factores. También, si se considera aconsejable, se podría obtener información sobre algunos

tipos de daño causado por insectos, como el número de mazorcas de maíz dañadas por gusanos.

La pronosticación del rendimiento de un cultivo a intervalos durante la estación es más difícil que estimar el rendimiento en el momento de la cosecha. Es necesario descubrir características de las plantas o variables que pueden usarse para pronosticar componentes de rendimiento. Las fórmulas para pronosticación deben ser basadas sobre características observables de la planta y un conocimiento comprensivo del comportamiento de la fructificación de la planta. Las fórmulas tienen que traducir en pronósticos exactos las características observadas en cualquier fecha. Estas técnicas son ilustradas en el próximo capítulo para maíz y productos de árboles. En comparación con el desarrollo de un programa para el muestreo previo a la cosecha, cualquier calendario para desarrollar y perfeccionar los procedimientos de pronosticación es más variable. Una razón mayor es la necesidad de poseer experiencia de "entre años" para la formulación y prueba de modelos. De hecho, se puede continuar el uso de más de un modelo para un cultivo dado después de que un programa de pronosticación se vuelve operacional, para darles a los alternativos más prometedores una prueba más larga.

La investigación científica sobre la pronosticación temprana en la estación de mediciones de plantas ha sido menos extensiva que los estudios para la época tardía. En el caso de algunos árboles la duración de la estación "tardía" es prolongada, y no se han hecho pronósticos de estación temprana. El algodón, trigo, maíz, soya, cítricos y nueces han recibido la mayor atención en el desarrollo de modelos de pronosticación de estación temprana.

Los patrones de crecimiento entre las distintas especies vegetales son tan variados que no es posible decir mucho acerca de un método general para encontrar un modelo para la pronosticación. La naturaleza del problema obviamente cambia rápidamente con la etapa de desarrollo y está relacionada con ella. Una ayuda importante en el desarrollo de buenas hipótesis podría ser el estudio de datos detallados de investigaciones o de fincas experimentales que ya existen sobre las características de las plantas y su fructificación, empezando antes de la primera fecha de pronóstico y siguiendo a intervalos hasta la cosecha. Tales datos, sin embargo, generalmente vienen de estudios aislados y controlados y por eso deben considerarse como no confiables para fines de establecer parámetros de modelo.

Algunos cultivos fructifican durante un período relativamente largo y pueden tener muchos frutos en una planta, con varios grados de madurez. Buenos ejemplos son el algodón y los limones. Un pronóstico de número de frutos, cuando solamente ha aparecido una parte del fruto, requiere modificación del componente del fruto en el modelo para que se pueda incluir un factor adicional para el fruto que aparecerá en la cosecha, aunque no

haya aparecido todavía. En la pronosticación hecha temprano en la estación de crecimiento, se ha ensayado la relación entre "el número de cápsulas al cosechar de frutos por aparecer" y un índice de madurez. Para establecer la relación, las cápsulas aparecidas en el momento de la observación tienen que ser rotuladas para que sea posible contar las cápsulas que aparecerán después. Otro modelo para la pronosticación temprana en la estación del algodón, llamado "modelo de velocidad de aparición del fruto", ha sido desarrollado; es más complejo y no se tratará aquí, pero una curva del tipo sigmoide frecuentemente dará resultados satisfactorios para cápsulas aparecidas.

Para el trigo invernal, se hace en mayo un pronóstico del número de espigas basado en el número de tallos, usando una relación establecida de datos históricos. El peso de grano por espiga se relaciona de una manera algo imprecisa con la densidad de las plantas. Por lo tanto, el peso por espiga puede ajustarse según la densidad de las plantas en vez de suponer el promedio para varios años o para variedades estándares.

Parece que un peso medio histórico por cabeza o fruto puede ser una base satisfactoria para un pronóstico cuando las prácticas culturales son algo estáticas; prácticas como el riego y la entresaca de frutos son controladas, de modo que la densidad varía solo moderadamente de año a año. Un peso medio histórico también puede ser satisfactorio si el pronóstico es para un área grande, digamos para varios Estados, de modo que el promedio de ambiente y prácticas culturales para todo el área es más o menos lo mismo de año a año, aunque pueden haber diferencias o tendencias en localidades individuales que varían considerablemente de año a año.

Un conocimiento de las cantidades probables de la cosecha por peso puede no dar suficientes datos para todas las necesidades. Por ejemplo, en algunos países es exportable una gran porción del cultivo de cítricos. Es obvio que el saber el peso total de fruto esperado puede ser insuficiente. Un organismo de mercadeo puede necesitar información acerca de las cantidades que son calificadas para la exportación, y las razones por qué algunos de los frutos no alcanzan los estándares requeridos para la exportación.

Otra utilidad importante de la pronosticación de los rendimientos es la proyección de los tamaños medios de los frutos en el momento de la cosecha según variedades, para uso en el mercadeo del fruto.

Estos resultados secundarios de la pronosticación proveen datos más exactos sobre el peso y tamaño de la parte de la cosecha que se espera esté calificada para la exportación. Al mismo tiempo, las causas de la descalificación pueden ser localizadas, clasificadas, y analizadas por tipo, época del año, variedad, y la región para que los científicos puedan procurar limitar el impacto de estos daños que puedan ser controlados, basándose en estudios de factibilidad. La tabla 22 es buen ejemplo de información sobre daños durante varias cosechas de cítricos en Israel que ha sido encontrada útil en el mercadeo del producto.

Tabla 22 - Distribución de los Varios Daños a la Fruta Según Variedad y Estación (en porcentajes)

Tipo de daño a la fruta	Naranjas Shamouti			Naranjas Tardías			Toronjas		
	1972-73	1973-74	1974-75	1972-73	1973-74	1974-75	1972-73	1973-74	1974-75
Causas naturales *	25	34	20	16	14	15	19	29	25
Conformación de la fruta	18	28	29	15	15	18	18	27	27
Daños fisiológicos	23	15	18	36	26	29	23	16	13
Insectos	15	10	14	21	11	14	28	13	20
Fruta verde	11	8	7	4	9	6	1	4	3
Daño en la recolección	7	4	11	7	4	7	6	6	8
Enfermedades	1	1	1	1	1	1	5	5	4

* Causas naturales = quemadas del sol, heridas, abrasiones, granizo.

CAPITULO 3 - CONCEPTOS SOBRE RECOLECCION DE DATOS PARA PRONOSTICOS DE CULTIVOS ESPECIFICOS

3.1 Introducción

Los requisitos para la recolección de datos para la medición de rendimientos y su pronosticación pueden ser considerables y exigentes si han de proveerse datos objetivos sobre una base uniforme por distintos trabajadores y durante años. La información recolectada de esta manera también es muy valiosa en la evaluación de la transferencia de tecnología agrícola del investigador a la explotación agrícola, y para lograr las metas de producción de países en desarrollo. Para el desarrollo de relaciones de rendimiento que involucran variables de las plantas y del ambiente, la participación conjunta de varias agencias en la recolección de datos puede ser difícil, debido a distintos objetivos y prioridades temporales en la recolección de datos básicos y su publicación.

El valor de las estadísticas sobre el rendimiento de los cultivos depende de la capacidad de recolectar los datos de tal manera que los mismos conceptos estadísticos puedan acumularse o hacerse aditivos sobre amplias áreas para representar todo un país o una región. Por lo tanto, es muy importante un plan cuidadoso de operación que incluya un calendario definido para planificar, capacitar y formular todas las fases de la recolección de datos. Los datos que se necesitarán dependerán de las distintas demandas impuestas por el modelado de rendimiento.

Después de presentar las ilustraciones de los conceptos operacionales de la recolección de datos, se emplea un modelo real con las estadísticas de una encuesta para calcular pronósticos específicos de rendimiento. Además, se postulan modelos alternativos y se hacen pronósticos de rendimientos, no sólo para fines comparativos, sino también para sugerir que aproximadamente los mismos pronósticos o estimaciones antes de la cosecha se obtienen frecuentemente al usar los mismos datos muestrales en distintos pero apropiados modelos. No debe inferirse que muchos modelos o pronósticos deban preferirse al uso de un modelo que se basa sobre estimaciones verdaderas de parámetros (i.e., los conceptos operacionales pueden ser definidos) para los cuales datos muestrales representativos pueden ser obtenidos. El énfasis en hacer la selección del modelo debe basarse en la capacidad de los trabajadores de campo para recolectar los datos deseados en la manera prescrita, y la capacidad de validar todos (o la mayoría de) los parámetros del modelo cada año.

3.2 Consideraciones del Diseño de Muestras

3.2.1 Introducción

El diseño y tamaño de la muestra tienen que planificarse para dar estimaciones sobre las áreas geográficas deseadas con un nivel aceptable de confianza. La mayoría de las encuestas sobre rendimientos son estratificadas por áreas geográficas mayores o por divisiones políticas. Donde es posible, muchas encuestas también se subestratifican según variedades principales, tipo de cultivo, edad de árboles, o tierra regada y no regada. El tamaño total de la muestra generalmente se fija para controlar los errores deseados para los estratos primarios o áreas geográficas para las características de la planta o del cultivo en el momento de la cosecha. Los tamaños de las muestras para los otros niveles de estratificación generalmente se hacen proporcionales al área sembrada con el cultivo. Cuando la distribución es proporcional al área sembrada con el cultivo, o al número de árboles, los datos muestrales sobre una base por hectárea o por árbol son autoponderados. Esta autoponderación es deseable para resumir los datos y para examinar los rendimientos por áreas alternativas distintas de los estratos iniciales. Cuando la información sobre área en el cultivo, o su producción, no está disponible por estratos y subestratos, hay que usar los números de explotaciones agrícolas o unidades de muestreo del marco en el diseño de la encuesta. En la mayoría de los casos en la práctica, varias etapas de muestreo y varias unidades de muestreo serán usadas dentro de los estratos. Si los estratos son grandes divisiones políticas o administrativas, una muestra de distritos dentro de estas divisiones podría seleccionarse en la primera etapa y una muestra de subunidades dentro de los distritos en la segunda etapa. Municipios con linderos identificables que incluyen todos los terrenos dentro de sus linderos pueden servir como unidades adecuadas en alguna etapa del muestreo. La última unidad en la tercera o más baja etapa será la propiedad, campo, o parcelita individual que tiene el cultivo sembrado o por cosechar.

3.2.2 Selección de Explotaciones Agrícolas y Campos

Los siguientes ejemplos ilustran algunos procedimientos que pueden usarse para seleccionar explotaciones agrícolas y campos en las últimas etapas del diseño de la muestra.

- (1) Explotaciones agrícolas pueden seleccionarse de listas, si las hay o pueden construirse. Listas de explotaciones agrícolas para cultivos individuales serían necesarias solamente para las unidades (municipios, subdistritos, etc.) realmente seleccionadas en la muestra en la etapa anterior; si fuera necesario, estas listas podrían compilarse como parte de la operación de campo. La selección de explotaciones puede hacerse o con probabilidades iguales o con probabilidades proporcionales a tamaño (suponiendo que existe información sobre tamaños o puede obtenerse). La medida de tamaño podría ser el terreno total, o el área cultivada en la explotación, pero preferiblemente sería el área total sembrada con el cultivo particular para el cual se propone determinar el rendimiento.

De modo similar, dentro de cada explotación, se haría una lista de campos de la cual se seleccionaría como muestra uno o más campos. Aquí, también, la selección se haría con probabilidades iguales o con probabilidad proporcional al tamaño del área con el cultivo de interés.

- (2) Si hay mapas o fotografías aéreas, estos pueden usarse para seleccionar campos directamente sin seleccionar primero las explotaciones. Una manera de hacer esto es sobreponer al mapa o fotografía una hoja transparente que contiene puntitos arreglados en forma sistemática o aleatoria; cada campo en que cae un puntito es incluido en la muestra, así dando los campos (y las explotaciones) probabilidades de selección proporcionales a su tamaño. Este procedimiento requiere, por supuesto, que los mapas o fotografías tengan detalle suficiente para permitir la localización del puntito y el campo correspondiente en el terreno mismo. (Este procedimiento no se adapta fácilmente a la estimación del número de propiedades, si eso se desea, porque involucra la identificación del dueño y la determinación del total de terreno en la explotación para que se sepa la proporción del área del campo seleccionado al área total de la explotación.)
- (3) Los segmentos de área son unidades de muestreo muy útiles para la determinación de qué explotaciones y/o campos han de incluirse en la muestra. Los segmentos pueden construirse con linderos naturales que pueden localizarse en el terreno, o con linderos imaginarios trazados en un mapa o una fotografía; la selección depende de la situación particular. Explotaciones y/o campos

pueden asociarse con segmentos por área en cualquiera de las siguientes maneras:

- (a) Segmentos por área con linderos imaginarios podrían ser usados como unidades de muestreo en la primera etapa y de ellas se seleccionaría una muestra de segmentos; dentro de los segmentos de muestra se podrían seleccionar campos como unidades de segunda etapa, en la manera descrita arriba en (2).
- (b) Un procedimiento alternativo sería incluir en la muestra todos los campos (o explotaciones) para los cuales un punto inconfundiblemente definido cae dentro de los linderos del segmento. Con este procedimiento, los campos (o explotaciones) no serían seleccionados con probabilidades proporcionales a su tamaño; la probabilidad de selección sería la misma que la probabilidad de selección del segmento en que cae el puntito. Este método se conoce como el de segmento abierto. Los segmentos determinan qué unidades se incluyen en la muestra, pero datos se tabulan para algunos campos (o explotaciones) que quedan parcialmente fuera del segmento, y no son tabulados para otros campos (o explotaciones) que quedan parcialmente dentro del segmento cuando el punto inconfundiblemente definido correspondiente cae fuera del segmento seleccionado.

El punto "inconfundiblemente definido" tiene que ser definido con sumo cuidado. Generalmente un rincón particular del campo (explotación) sería designado como tal punto. Como los campos (o explotaciones) pueden ser no rectangulares, se necesita también una regla específica para encontrar este rincón. Por ejemplo, si el rincón noroeste fuera el punto designado, podría definirse (1) por la identificación de los puntos en el lindero que quedan más al oeste y la designación del punto más norteño de ellos como el rincón noroeste, o (2) por la identificación de los puntos en el lindero que quedan más al norte y la designación del punto entre ellos que quede más al oeste como el rincón noroeste. Si la explotación fuera la unidad de análisis, la residencia del dueño (con tal que todas tales residencias tenían oportunidad de ser incluidas en la muestra) generalmente se preferiría como

el punto designado, porque sería el punto más fácil de localizar. Una combinación de reglas es, quizá, aún más útil. Por ejemplo, podría usarse la residencia del dueño cuando él vive en la propiedad, y un rincón particular cuando no vive en ella. En cualquier caso, el punto tiene que definirse de tal manera que sea verdaderamente único (es decir, cada unidad tiene que tener una, y solamente una, oportunidad de ser incluida en la muestra); también debe ser relativamente fácil de identificarse.

- (c) Si la unidad de análisis es la explotación agrícola, el método de segmento ponderado generalmente será más eficiente que el de segmento abierto, pero costará más por unidad para enumerarse. Con este procedimiento , todas las explotaciones que tienen terreno dentro del segmento se incluyen en la muestra y por lo tanto, tienen que ser visitadas. En la estimación, los datos de cada explotación son ponderados por un factor basado en la proporción de la explotación entera que queda dentro del segmento. En casi todas las aplicaciones, el método de segmento ponderado requiere que los segmentos tengan linderos naturales que pueden identificarse en el terreno.
- (d) Otra posibilidad es usar el método llamado de segmento cerrado, en que solamente aquellos campos o partes de campos que quedan dentro del segmento se incluyen en la muestra. Una ventaja de este procedimiento es que evita la dificultad de tener que identificar la explotación. Los campos que contienen el cultivo de interés pueden identificarse por observación, y por eso puede ser innecesario visitar al dueño u operador de la explotación. Pero, si se desea información sobre rendimiento por unidad de explotación, el método de segmento cerrado no es apropiado, porque algunas explotaciones o propiedades ciertamente extenderán más allá de los linderos del segmento.

3.3 La Determinación de Areas de Terreno en Encuestas sobre Rendimiento

3.3.1 Introducción

En los capítulos anteriores se suponía que el área que contenía el cultivo podría determinarse de las áreas sembradas o de informes recibidos de una manera consistente con el área cosechada. Cuando la cifra apropiada para el área no se derivó, o no puede derivarse, mediante un cuestionario, tienen que emplearse procedimientos especiales para definir

el área que corresponde al área ocupada por el cultivo que ha de cosecharse, para que se pueda obtener la producción mediante la multiplicación de área por rendimiento. Si el área bruta sembrada con el cultivo fuera disponible de una encuesta sobre el cultivo, esta área podría ajustarse para obtener el área neta ocupada por el cultivo. Pero, si los agricultores que cultivaban el cultivo fueron conocidos pero incapaces de informar las áreas sembradas con cultivos individuales, el área ocupada por el cultivo tendrá que medirse. En el caso de cultivos intercalados o mixtos, el área bruta sembrada con todos los cultivos constituye el área ocupada por el cultivo de interés.

3.3.2 La Derivación del Area Neta del Area Bruta Sembrada

Las hectáreas por cosechar pueden derivarse en muchos casos para la unidad de muestreo y campos individuales como se ve en la tabla 23, página 115 de este capítulo. En casos donde la columna 4 es mayor que la columna 5, el área que no se cosechará tiene que ser eliminada del área donde están las parcelitas o plantas de muestra. Esto es generalmente una simple identificación por el agricultor, o una observación de campos sembrados con un solo cultivo, pero es más difícil en el caso de cultivos intercalados. Para cultivos intercalados, el área cosechada para el cultivo de interés en la encuesta sobre rendimiento no se reduciría, salvo que el área bruta sembrada con la combinación de cultivos se redujera por una cantidad similar. Es decir, el área bruta lista para cosecharse la combinación de cultivos debe usarse como el área cosechada para ambos cultivos, salvo que el área no tenga ninguna planta de ninguno de los dos cultivos. Si las encuestas sobre rendimientos se basan en una submuestra de unidades de muestreo, varios estimadores alternativos del área por cosechar serían considerados. Se usaría un estimador de razón o de diferencia para estimar el área por cosechar como un porcentaje de (o una reducción en) la estimación del área sembrada. Si todas las unidades de muestreo usadas para estimar el área sembrada se incluyen en la encuesta sobre rendimientos, la cifra para el área cosechada será estimada del mismo modo que se usó para el área sembrada original.

3.3.3 La Derivación del Area Neta Cuando No Se Conoce el Area Sembrada

En este caso, los cultivadores del cultivo de interés han sido identificados durante una encuesta agrícola anterior, o tendrán que ser identificados durante la primera etapa de la encuesta sobre rendimientos. Los campos usados para la encuesta sobre rendimientos serán basados en la selección de una submuestra probabilística de explotaciones o de cultivadores

del cultivo para el cual se están observando las parcelitas de campo. Si los cultivadores tienen más de una parcela o campo, sólo uno de ellos será seleccionado con una probabilidad conocida. Frecuentemente, el agricultor puede saber únicamente el número de campos sembrados con el cultivo, o posiblemente únicamente el número de parcelas con el cultivo (una parcela es un área limpiada o cultivada sembrada con uno o más cultivos, que pueden incluir cultivos de granos, de raíces, y una huerta. Para el campo o parcela el área por cosechar tiene que determinarse por el agricultor o el enumerador mediante la medición directa del área del terreno. Generalmente, esto quiere decir que se usan técnicas de topografía con plancheta, incluyendo mediciones de distancias, ángulos, diferencias de elevación, y un croquis dibujado en una escala adecuada del área con el cultivo, o la combinación de cultivos en el caso de cultivos intercalados. Las mediciones de área tienen que ser hechas con algo de precisión, pero estos métodos generalmente requieren solamente una capacitación limitada basada en técnicas que involucran una cinta de medir, una cuerda estandarizada, una plancheta, una rueda de Smith, una brújula telemétrica o una alidada, sin temor de introducir errores sistemáticos grandes en la mediciones de las áreas. El área neta por cosechar se mide y se identifica en el croquis del área.

3.4 Rendimientos Derivados de Encuestas de Corte de Muestras

Generalmente, las necesidades y problemas en la recolección de datos son menos y más fáciles en las encuestas de corte de muestra o de precosecha que en los pronósticos de estación temprana. Si los procedimientos para la determinación de rendimientos han de evaluarse, o si la calidad de los trabajadores de campo ha de verificarse, los requerimientos de recolección de datos son aumentados. El manejo prudente de una encuesta requiere que ambas evaluaciones se hagan periódicamente sobre la base de submuestras, pero generalmente son obligatorias cuando se empieza un programa nuevo. Cierta información adicional será necesaria o por lo menos altamente deseable de una encuesta de precosecha si es que se piensa hacer pronósticos para el mismo cultivo.

Si la validación, por ejemplo, ha de ser parte de una encuesta de corte de muestra, la recolección de información acerca del número de mazorcas y la determinación del peso de grano por mazorca pueden ser necesarias. Por ejemplo, pueden surgir situaciones en que es necesario determinar si (1) la cosecha de mazorcas a mano de pequeñas parcelitas resulta en mayor número de mazorcas por hectárea que la cantidad obtenida con el uso de

equipo comercial de cosechar, o (2) el desgrane de las mazorcas con el uso de una desgranadora manual resulta en mayor peso de grano por mazorca que la cantidad obtenida con el uso de equipo comercial de desgrane. Puede ser necesario formular un segundo juego de preguntas (o ítemes de comprobación) para averiguar si las definiciones y los procedimientos de la encuesta son seguidos por los trabajadores de campo.

Para asegurar que el corte del cultivo (o las encuestas objetivas de pronosticación de rendimiento) se lleven a cabo de una manera eficiente y a tiempo, el programa total tiene que desarrollarse durante un período de meses. Los siguientes 10 ítemes son los pasos principales que normalmente deben extenderse durante un período de seis meses para asegurar una preparación adecuada, pero en una emergencia estos pasos podrían completarse en un período de tres meses por un personal experimentado en la recolección de datos.

- (1) Determinar qué características de planta y de parcelita, y qué mediciones serán necesarias.
- (2) Pedir equipo nuevo o de reemplazo, y materiales.
- (3) Preparar formularios para los trabajos de campo y laboratorio.
- (4) Preparar materiales didácticos.
- (5) Obtener resultados de encuestas sobre áreas para preparar estimaciones de hectarajes y seleccionar campos de muestra.
- (6) Conducir escuela de capacitación para la recolección de datos sobre las plantas;
 - a. Estudiar manual de instrucciones para trabajos de campo.
 - b. Presentar diapositivas de las tareas importantes de campo y discutir conceptos relacionados con los datos.
 - c. Demostrar en el campo los trabajos de la parcelita.
 - d. Dar experiencia práctica a los trabajadores que utilizan formularios de campo.
- (7) Conducir la encuesta en el campo - fechas (i.e., 7-21 de octubre).
- (8) Revisar diariamente los formularios completados (hecho por los supervisores).
- (9) Procesamiento de partes de plantas en el laboratorio.
- (10) Pasar los formularios completados a la unidad de análisis de datos.

La siguiente forma de resumen, ejemplo A, muestra los conceptos de recolección de datos derivados de la encuesta de corte de muestra para un campo donde se piensa hacer trabajos de validación, tal como lo informado en la tabla 8, página 49. La forma de resumen permite una comparación de los componentes individuales de rendimiento, además de verificar que las diferencias compuestas en los procedimientos de la cosecha se explican por los trabajos de recolección después de la cosecha. La mayoría de las técnicas de recolección de datos se ilustran en la próxima sección. En el caso de campos muy grandes, puede ser deseable subdividir el campo entre varios subcampos más pequeños para fines de muestreo, y restringir las áreas cosechadas comercialmente para que cada fase del trabajo de campo pueda completarse en un día.

EJEMPLO A: FORMA DE RESUMEN PARA MAIZ

Identificación del Campo _____

Línea No.	Item y computación
A- Precosecha	
1	No. de muestras cosechadas
2	No. de mazorcas deshojadas por 30 pies de hilera (Unidad de 15 pies en 2 hileras adyacentes)
3	No. de mazorcas con grano deshojadas
4	Mazorcas con grano por 30 pies de hilera (línea 3/línea 1)
5	Peso en el campo de mazorcas con grano
6	No. de informes sobre contenido de humedad
7	Fracción media de desgrane
8	Fracción media de humedad
9	Fracción media de materia seca (1,000 - línea 8)
10	Peso medio de campo por 30 pies (línea 5/1)
11	Peso medio por mazorca en el campo (línea 5/3)
12	Peso medio de grano al 15,5 % humedad por 30 pies (Línea 10 x línea 7 x línea 9)/(0,845)
13	Peso medio de grano por mazorca al 15,5% humedad (Línea 11 x línea 7 x línea 9)/(0,845)
14	Factor de conversión a rendimiento bruto por acre (25,929 / espacio medio entre hileras)
15	Rendimiento bruto por acre (línea 12 x línea 14)
16	Mazorcas por acre (línea 3 x línea 14)
17	Peso de grano por mazorca (línea 15 / línea 16)
B- Recolección de Granos después de la Cosecha	
18	Peso medio de grano por 30 pies de hilera
19	Contenido medio de humedad
20	Peso medio de grano por 30 pies de hilera al 15,5% humedad
21	Factor de conversión a grano dejado en el campo por acre (0,02858 / anchura de hilera)
22	Total de grano por acre dejado en el campo (línea 20 x línea 21)
C- Rendimiento Neto de Corte de Muestra	
23	Rendimiento neto por acre precosecha (línea 15 - línea 22)
D- Datos de la Cosecha Comercial	
24	Total de mazorcas en el depósito del equipo de cosechar tomadas del campo
25	Total de libras de mazorcas en el depósito del equipo de cosechar tomadas del campo
26	Total de libras de maíz desgranado recobrado
27	Contenido de humedad en el grano
28	Total libras de mazorcas al 15,5% de humedad
29	Total libras de maíz desgranado al 15,5% de humedad
30	Acreeaje cosechado (según medición)
31	Libras de maíz por acre / a. Desgranado (línea 24/línea 26) /b. Mazorca
32	Bushels por acre a/si es desgranado (línea 31/56) b/si es mazorca (línea 31/70)
33	No. de mazorcas por acre (línea 24/línea 30)
34	Peso de grano por mazorca (línea 32/línea 33)
E- Diferencia en Rendimiento	
35	Rendimiento neto de precosecha menos rendimiento al cosechar comercialmente (línea 23 - línea 32)

3.5 La Pronosticación de Rendimiento del Maíz de las Partes de la Planta

Un modelo para pronosticación que ha sido muy usado se basa sobre cuentas u observaciones de las partes individuales de la planta, porque los conceptos de recolección de datos involucran componentes conocidos de rendimiento. Estos componentes pueden ser identificados sin investigaciones adicionales para determinar qué variables pertinentes se necesitan para pronosticar rendimientos, puesto que los agrónomos y otros científicos agrícolas ya han identificado los componentes básicos. Por supuesto, modelos alternativos de rendimiento pueden ser formulados que requerirían investigación inicial para identificar factores críticos o el momento exacto para recolectar los datos, lo cual podría conducir a un modelo superior. Sin embargo, la selección de este tipo de modelo se basa sobre la identificación de un modelo inicial que pueda proveer resultados útiles sin riesgo en la práctica de seleccionar un modelo inservible.

El modelo de tipo de componentes de inventario puede formularse de varias maneras que exhiben solamente pequeñas diferencias en los componentes usados. Para el maíz un modelo muy básico con algunas variaciones sería:

Modelo (1) Rendimiento por hectárea = plantas por hectárea x peso de grano por planta, o

Modelo (2) Rendimiento por hectárea = mazorcas por hectárea x peso de grano por mazorca, o

Modelo (3) Rendimiento por hectárea = mazorcas con granos por hectárea x granos por mazorca x peso por grano.

Los componentes en los modelos pueden verificarse al momento de la cosecha, de manera que puede evaluarse la validez de cada componente.

Si hubieran de hacerse tres pronósticos antes de la cosecha, quizá se usarían los tres modelos: el modelo (1) unos 90 días antes de la cosecha, el modelo (2) unos 60 días antes de la cosecha, y el modelo (3) 30 días o menos antes de la cosecha. Suponiendo el uso de una de las variaciones de este tipo de modelo, los requisitos de recolección de datos se dan en el ejemplo B cuando el maíz se siembra en hileras. La formación de una lista de campos y la selección de una unidad de muestreo se tratan en las secciones 3.5.1 y 3.5.2. Una variación en el procedimiento para determinar el número de plantas por hectárea sería necesaria si las plantas fueran sembradas de manera irregular.

El ejemplo B podría usarse en cualquier momento después de la emergencia, pero la forma sería bastante acortada si sólo una de las variaciones del modelo hubiera de usarse en una ocasión dada. Por ejemplo, el modelo (3) podría usarse 60 días antes de la madurez fisiológica mediante

la suposición de un peso normal o histórico por grano. En este caso, los ítemes claves serían 7 y 11, siendo el ítem 10 una base alternativa para pronosticar el peso de grano por mazorca. El pronóstico de peso podría basarse sobre el desarrollo de una relación lineal entre la longitud de la hilera de granos y el peso de grano por mazorca logrado al cosechar. Debe ser obvio que reducciones similares en los ítemes de datos que han de recolectarse podrían lograrse para un pronóstico específico de una sola fecha.

Pronósticos de rendimiento basados sobre modelos agrometeorológicos también usarían sólo una parte limitada de la información en el ejemplo B, pero necesitarían datos ambientales de otra fuente. Sin embargo, la verificación de los pronósticos requeriría que algunos datos se recogieran en el momento de madurez fisiológica o de la cosecha comercial. Es cierto que el trabajo de campo para recolectar datos sobre las plantas sería menos frecuente y más reducido si no fuera necesario hacer varios pronósticos durante la estación.

La información en el ejemplo B permite el uso de varias maneras de cada modelo durante la estación, y las variables particulares que se adopten pueden determinarse como resultado de un estudio piloto o de la experiencia previa de agricultores en el área. La tabla 22 muestra los componentes y cómo podrían usarse en distintas variaciones de un modelo de pronóstico.

Tabla 22 - Componentes y Parámetros de Pronóstico

Epoca de la estación	Componente / Fuente	Parámetro de pronóstico
90 días antes de la cosecha	Plantas por hectárea Item 3 Peso de grano por planta Ítemes 14, 15, a la cosecha Ítemes 6, 3 Item 3 Ítemes 14, 15 a la cosecha	Plantas por hectárea observadas (a) Norma histórica para el área (o variedad) (b) Número de mazorcas por planta observadas x norma histórica de grano por mazorca para el área (c) Predicción estacional basada sobre regresión lineal de grano por planta Por hectárea, por parcelita o área (una ecuación de regresión histórica)
60 días antes de la cosecha	Plantas por hectárea Item 3 Mazorcas por hectárea Item 6 Mazorcas con grano por hectárea Item 7 Peso por planta Peso por mazorca Item 12 Ítemes 14, 15 a la cosecha Peso de grano por mazorca Item 11 (a) Item 11(b) Ítemes 14, 15 a la cosecha Item 10 Ítemes 14, 15 a la cosecha	Plantas por hectárea observadas Mazorcas por hectárea observadas Mazorcas con grano por hectárea observadas (a), (b), (c), arriba Mazorcas por hectárea observadas x predicción estacional basada sobre regresión lineal de grano por mazorca sobre tamaño de mazorca (longitud x circunferencia); una ecuación de regresión histórica. (d) Hileras de granos por mazorca x granos por hilera observados x norma histórica de peso de un grano (e) Predicción estacional basada sobre regresión lineal de grano por mazorca sobre longitud de hilera de granos por mazorca (una ecuación de regresión histórica)
30 días o menos antes de la cosecha (madurez fisiológica)	Mazorcas con granos Item 7 Granos por mazorca Item 11 Peso por grano Ítemes 14, 15 Peso de grano por mazorca Ítemes 14, 15	Observadas Observados Observado y ajustado a contenido estándar de humedad Observado y ajustado a contenido estándar de humedad

3.5.1 Lista de Campos con el Cultivo para Unidades de Muestreo por Area

Una muestra de campos se selecciona de una encuesta probabilística de áreas del cultivo dentro de cada región o Estado, usando el método de segmento cerrado. Las explotaciones agrícolas y los campos con el cultivo designado se seleccionan con probabilidades proporcionales al hectárea expandido del cultivo designado; por lo tanto, la muestra será autoponderada si se seleccionan un número constante de parcelitas en cada campo. La unidad de muestreo es una explotación agrícola con el cultivo designado y todos los campos sembrados con ese cultivo.

La tabla 23 se completa para el cultivo designado únicamente con apuntes en las columnas 2 a 5, inclusive.

Columna 2 - La variedad sembrada se anota para cada campo. Un campo no debe tener más de una variedad. (Se ignoran variedades en este ejemplo.)

Columna 4 - Los acres realmente sembrados se apuntan para cada campo. Excluya acres en caminos, zanjas, basureros y otros lugares no sembrados.

Columna 5 - Acres por cosecharse se apuntan para cada campo. Excluya los acres ya abandonados o que por cualquier razón no serán cosechados.

Columna 5 - Los acres cosechados se acumulan, campo por campo, hasta un total para toda la unidad de muestreo.

La acumulación se obtiene mediante la suma de los acres por cosechar en cada campo y la cantidad acumulada en la línea inmediatamente anterior. Los acres acumulados para el último campo siempre serán iguales a los acres en total por cosechar en la unidad de muestreo.

Tabla 23 - Datos Sobre Unidad de Muestreo

Número de campo (1)	Variedad (2)	Uso de la oficina (3)	Acres sembrados (4)	Acres por cosechar Acumulación (5)
1			15,0	15,0 Acum. 15,0
2			20,0	20,0 Acum. 35,0
3			10,0	10,0 Acum. 45,0
4			13,0	13,0 58,0
5			23,0	23,0 Acum. 81,0
6			15,0	15,0 Acum. 96,0
7			10,0	10,0 Acum. 106,0
8			17,0	15,0 Acum. 121,0
9			7,0	6,0 Acum. 127,0
10			5,0	5,0 Acum. 132,0
11			115,0	115,0 Acum. 247,0
(12)			65,0	63,0 Acum. 310,0
13			87,0	87,0 Acum. 397,0
14			120,0	120,0 Acum. 517,0
15			150,0	145,0 Acum. 662,0
(16)			160,0	152,0 Acum. 714,0
17				Acum. _____
18				Acum. _____
19				Acum. _____
20				Acum. _____

Total de acres (última cifra acumulada) por cosechar en la tierra en la unidad de muestreo es..... ACRES _____

¿ESTÁ CORRECTA LA CIFRA?

(a) () NO - Revisar todos los campos, corrija tabla 23, columna (5).

(b) () SÍ - Haga selección de campos de muestreo.

Si la columna 2 de la tabla 24 es cero, termine la entrevista.

3.5.2 Selección de Campos de Muestra

Hay que seleccionar un campo de muestra para cada número de muestra en la lista de la tabla 24 en la página siguiente. El número de muestra y acre seleccionado para cada muestra han sido apuntados por la oficina estadística. Para cada una de estas muestras se harán observaciones, y las mazorcas serán cosechadas de las dos unidades separadamente cuando estén maduras.

El número de muestra y el acre seleccionado determinarán en qué campos se deslindarán las muestras. Campos grandes pueden tener más de una muestra seleccionada para el campo. Si un solo campo aparece en la lista de la tabla 23, ese campo automáticamente será el campo de muestra si un acre seleccionado aparece en la tabla 24.

Para seleccionar el campo de muestra:

- a. Seleccione el primer campo en la tabla 23 en que los acres cosechados acumulados igualen o sobrepasen el acre seleccionado para el número de muestra anotado para la unidad de muestra.
- b. Apunte el número de campo seleccionado en la tabla 24.
- c. Dibuje un círculo alrededor del número del campo de muestra seleccionado, en la tabla 23.
- d. Para la muestra adicional mostrada en la tabla 24, repita los pasos a, b, y c, arriba.

El ejemplo en la página siguiente muestra que dos muestras serán deslindadas para la unidad de muestra. Seleccione primero el campo para la muestra número 24 -- esto será el primer campo anotado en la tabla 23 donde los acres acumulados igualan o sobrepasan 295.

Ahora seleccione el campo de muestra para la muestra número 25. El acre seleccionado es 670 y el primer campo donde los acres acumulados igualan o sobrepasan el acre seleccionado es el campo número 16. Apunte este número en la tabla 24 para la muestra número 25. Inscriba un círculo alrededor del número de campo en la tabla 23 para la muestra número 25.

Tabla 24 - Selección de Campos de Muestra

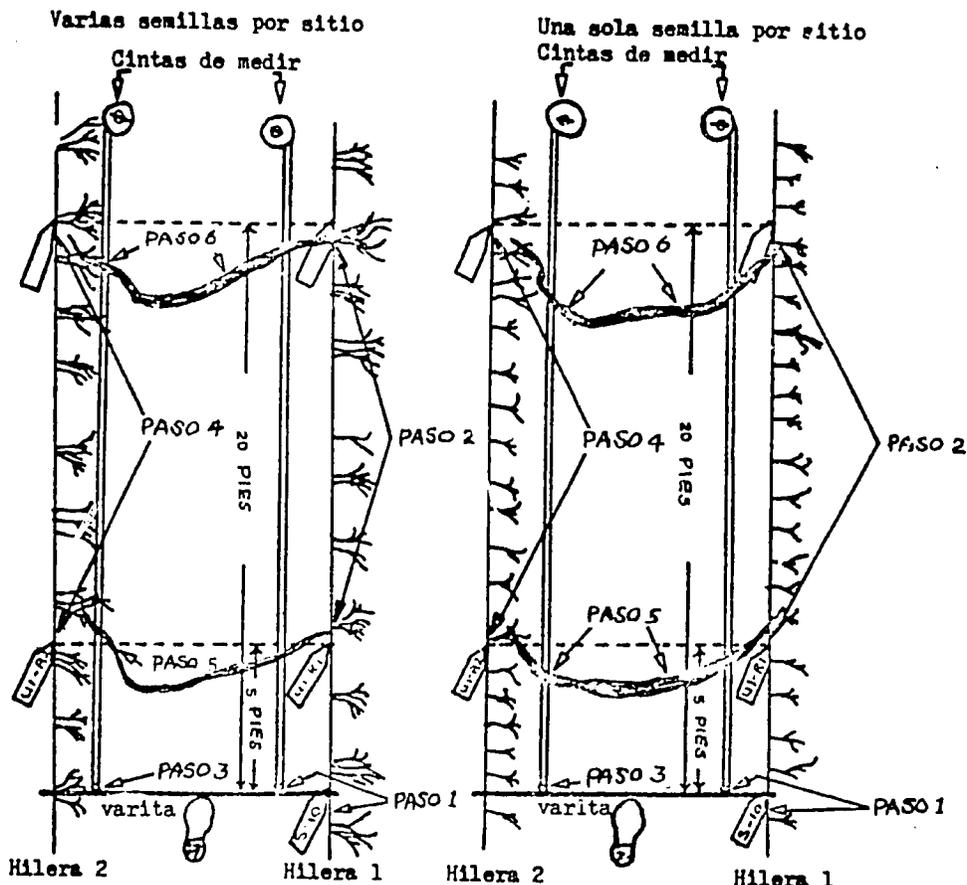
Número de la muestra	Acre seleccionado	Número de campo seleccionado
24	295	12
25	670	16

Ahora el enumerador está listo para visitar el campo y recoger los datos solicitados en el ejemplo B.

3.5.3 Selección de Unidades dentro del Campo

El muestreador procede del lugar de la entrevista al campo de muestra. El trabajo procede en etapas, empezando con el deslinde de las unidades de campo, apuntando las distintas cuentas y observaciones, y quizá tomando (destruictivamente) muestras de varias mazorcas o plantas, dependiendo del modelo. Puede ser que no todos los datos se obtengan en cada visita, puesto que la etapa de desarrollo de la planta determinará qué información esté apropiada u obtenible. Las unidades se localizan por uso del método de hilera aleatoria y número de pasos anotados a la cabeza del formulario. La figura 9 ilustra algunos de los pasos claves en el deslinde de la unidad.

FIGURA 9 - DESLINDE Y SEÑALAMIENTO DE UNIDADES DE MAÍZ



PASO NO. 1:

Después del último paso dentro del campo, coloque una varita perpendicular a las hileras. Fije el extremo de una cinta de medir de acero de 50 pies de largo en contacto con la varita en la hilera 1. Clave una estaca de florista en este punto.

PASO NO. 2:

Clave una estaca de florista exactamente 5 pies de la primera estaca como principio y otra estaca de terminación exactamente a la marca de 20 pies en la cinta, con los lados planos de las estacas a ángulo recto con la dirección de la hilera.

PASO NO. 3:

Repita el paso 1 para la hilera 2, pero sin clavar una estaca junto a la varita.

PASO NO. 4:

Repita el paso 2 para la hilera 2.

PASO NO. 5:

Amarre una cinta de color de 4 pies de largo cerca de la punta de la primera planta dentro de la unidad en la hilera 1 y, cruzando el espacio intermedio, amárrala a la primera planta en la hilera 2 de cada unidad.

Regla 1: Si una planta emerge del suelo exactamente en el punto de la estaca de principio, INCLUYA esa planta en la unidad. INCLUYA todo el grupito de plantas de siembra múltiple si cualquier planta del grupito está incluida por la estaca de principio.

PASO NO. 6:

Amarre un extremo de una cinta de color de 4 pies de largo cerca de la punta de la última planta dentro de la unidad en la hilera 1 y, cruzando el espacio intermedio, amárrala a la última planta en la hilera 2 de cada unidad.

Regla 2: Si una planta emerge del suelo exactamente donde está la estaca de terminación, EXCLUYA esa planta de la unidad. EXCLUYA todo el grupito de plantas si cualquier planta del grupito está excluida por la estaca de terminación.

3.5.4 Conceptos para la Recolección de Datos de las Parcelitas

Después de haberse lindado las parcelitas, los datos pertinentes solicitados en el ejemplo B se anotan para cada parcelita.

1. Medir las distancias entre tallos en la hilera 1 a los tallos en la hilera 2.....Pies y décimas
- | Unidad 1 | Unidad 2 | |
|----------|----------|--|
| | | |

Junto a la varita, mida la distancia a través del espacio intermedio con la cinta de medir de acero. Fije la cinta al centro de los tallos en la primera hilera de la unidad y mida la distancia al centro de los tallos en la segunda hilera de la unidad. Esta es la distancia a través del espacio intermedio. Anote esta distancia en pies y décimas de pie.

2. Medir la distancia de los tallos en la hilera 1 a los tallos en la hilera 5.....Pies y décimas
- | Unidad 1 | Unidad 2 | |
|----------|----------|--|
| | | |

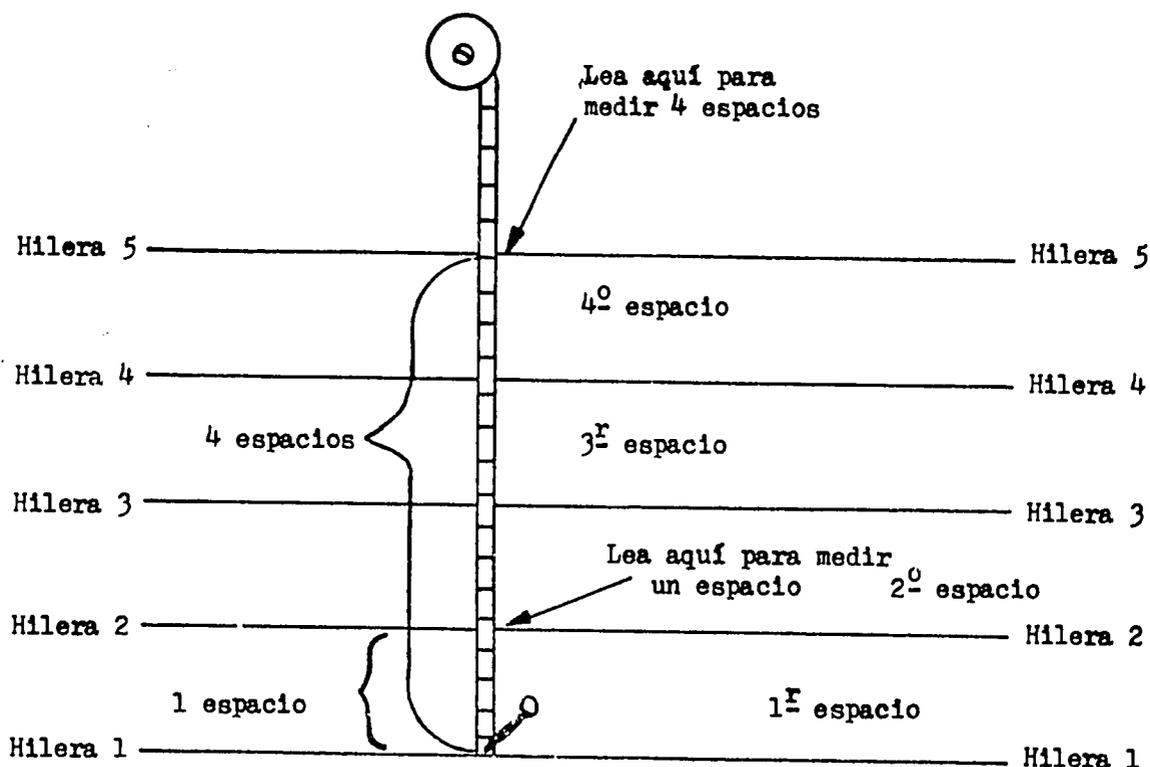
Mida la distancia a través de 4 espacios intermedios (5 hileras adyacentes) y anótela en el ítem 2. Debe medirse a la posición de la varita del centro de los tallos en la hilera 1 hasta el centro de los tallos en la hilera 5. Todas las mediciones serán hechas con la cinta en pies y décimas de pie. Vea el ejemplo en la página 120.

NOTA: Se cumplen con los ítemes 1 y 2 (mediciones de los espacios intermedios) solamente en la primera visita, o si las unidades se cambian de sitio en visita posterior.

En caso de estar intercalado con otro cultivo el campo, donde hay varias hileras de maíz seguidas por hileras de otro cultivo, anote el plan de siembra en el margen. Por ejemplo, si el sistema de siembra consta de 2 hileras de maíz seguidas por 2 hileras de soya, la medida anotada en el ítem 2 es la suma de las distancias entre cada par de hileras de maíz en cuatro pares distintos. Aplique el mismo principio si el maíz se siembra en grupos de 3 ó 4 hileras. Si el maíz fue sembrado con un espacio intermedio angosto y otro ancho (por ejemplo, un espacio de 7 pulgadas seguido por uno de 40 pulgadas), el espacio anotado en el ítem 2 será la suma de 2 espacios angostos y dos anchos.

En todos los casos de espaciamiento no usual (muy angosto o muy ancho) escriba una nota explicatoria en el margen del formulario.

MEDICION DE LOS ESPACIOS INTERMEDIOS



MIDA DISTANCIA DE TALLOS EN HILERA 1 A TALLOS EN HILERA 2:

Junto a la varita, fije la cinta de medir al centro de los tallos en hilera 1 de la unidad y mida al centro de los tallos en hilera 2 de la unidad. Anote en pies y décimas de pie.

MIDA DISTANCIA DE TALLOS EN HILERA 1 A TALLOS EN HILERA 5:

Junto a la varita, fije la cinta de medir al centro de los tallos en la hilera 1 de la unidad y mida al centro de los tallos en hilera 5. Anote en pies y décimas de pie.

Las mediciones tienen que hacerse con una cinta calibrada en pies y décimas de pie.

CUENTAS DENTRO DE UNIDADES DE 15 PIES

3. Número de tallos.....

Unidad 1		Unidad 2	
Hilera 1	Hilera 2	Hilera 1	Hilera 2

Cuenta todos los tallos en cada hilera de 15 pies dentro de la unidad, sin tomar en cuenta su tamaño o condición. No cuente vástagos como si fueran tallos. Una característica importante en la identificación de un vástago es que emerge del suelo cerca del tallo principal, a menudo a un ligero ángulo. Otros detalles son el tamaño generalmente menor del vástago en comparación con el tallo principal, y generalmente la ausencia de raíces adventicias. Un tallo principal y sus vástagos provienen de la misma semilla (vea la ilustración en la página 126).

Si existe duda acerca de la identidad de un vástago, busque otro similar fuera de la unidad, y arránquelo para verificar que es un vástago.

Cualquier tallo voluntario que se encuentre en el espacio entre hilera 1 e hilera 2 se incluye en la cuenta para la hilera 1. También, tallos entre hilera 2 e hilera 3 se incluyen en la cuenta para la hilera 2.

A finales de la estación de crecimiento, después de la madurez del cultivo sembrado, semillas maduras pueden caer al suelo y germinarse. Cualquier planta que proviene del cultivo del año en curso debe excluirse de la cuenta de tallos.

4. Número de tallos con mazorcas o brotes con barba.....

Unidad 1		Unidad 2	
Hilera 1	Hilera 2	Hilera 1	Hilera 2

Cuenta el número de tallos en el ítem 3 que tengan mazorcas o brotes con barba en el tallo principal, o si no las hay en el tallo principal, en un vástago del tallo principal. Un brote con barba es la formación temprana de una mazorca en un tallo con algo de barba visible fuera de la hoja de la mazorquita. El ítem 4 no puede ser mayor que el ítem 3, "tallos totales".

5. Número de tallos con mazorcas que dan evidencia de la formación de granos...

Unidad 1		Unidad 2	
Hilera 1	Hilera 2	Hilera 1	Hilera 2

Cuente el número de tallos en el ítem 4 que tienen mazorcas en que los granos definitivamente han empezado a formar. Para exhibir formación de granos, las mazorcas tienen que estar en la etapa de AMPOLLA o una etapa posterior de la madurez. El ítem 5 no puede ser mayor que el ítem 4 (tallos con mazorcas o brotes con barba). Haga las cuentas para el ítem 5 en la hilera 1 de cada unidad.

No pele las hojas de las mazorcas dentro de la unidad para buscar la presencia de granos. Es posible palpar las hileras de granos aún encima de las hojas de la mazorca, o serán visibles los granos en la punta de la mazorca. Vea la página 126 para una descripción.

6. Número de mazorcas y brotes con barba.

Unidad 1		Unidad 2	
Hilera 1	Hilera 2	Hilera 1	Hilera 2

Esta cuenta incluirá toda mazorca y todo brote de mazorca en que haya evidencia visible de la emergencia de la barba más allá de las hojas. Se cuenta en cada nudo una sola mazorca o brote. Un nudo es una posición de fructificación en el tallo. No cuente un brote en un nudo que tenga una mazorca. Mazorcas y botes de mazorca con barba que se encuentren en los vástagos se incluyen en esta cuenta. En casos en que mucho tiempo ha pasado desde la salida de la barba, se puede tomar la formación de granos como evidencia de salida de barba, aunque la barba ya no esté visible.

7. Número de mazorcas con evidencia de formación de granos.....

Unidad 1		Unidad 2	
Hilera 1	Hilera 2	Hilera 1	Hilera 2

Esta es una cuenta de toda mazorca que contenga evidencia definitiva de la formación de granos. Una mazorca se define como un olote que contenga por lo menos un grano. Se incluyen hasta los vástagos en esta cuenta, si tienen mazorcas. Para tener evidencia de formación de granos, las mazorcas tienen que estar en la etapa de AMPOLLA o una etapa posterior de madurez. Las mazorcas se habrán empesado a aumentarse de tamaño y se sentirán como sólidas. La mayoría de la barba extendida de las hojas estará cambiando de color o puede estar seca o de color castaño.

La forma de las hileras de granos será apreciable a través de las hojas, o podrán verse granos en la punta de la mazorca. Solamente una mazorca se cuenta en cada nudo.

NO PELE las hojas de las mazorcas dentro de la unidad para ver si hay granos. En casos dudosos, examine mazorcas fuera de la unidad para la presencia de granos. Después de haber hecho esto, excluya cualquier mazorca dudosa del ítem 7.

Mazorcas con formación de granos que se encuentren sueltas en el suelo entre hileras 1 y 2 se incluyen en la cuenta de mazorcas de sus hileras respectivas.

Deformidades que emergen como parte de la floración y que parecen una pequeña mazorca con algunos granos no se consideran como mazorcas y no deben incluirse en la cuenta.

Próximo paso:

Deshoje las primeras 5 mazorcas o brotes con barba más allá de la hilera 1 para solamente la unidad designada, y examínelas para madurez. Si no hay todavía ni mazorcas ni brotes con barba, anote "X" aquí () y omita ítemes 8-14. Vea la página 127 para ilustraciones.

<u>Etapa de madurez</u>	<u>Código</u>
Preampolla.....	2
Ampolla.....	3
Leche.....	4
Masa.....	5
Indentación.....	6
Maduro.....	7

Para el 1^o de agosto, deshoje y examine las primeras 5 mazorcas o brotes con barba más allá de la unidad 2, hilera 1 para averiguar etapa de madurez. Anote los códigos de madurez en el ítem 8.

1^o de agosto - Si la suma de los códigos de madurez para las primeras 5 mazorcas es 12 ó menos, omita los ítemes 9 a 14. Si el total es 13 ó más, siga con el ítem 9 para las primeras 5 mazorcas de código de madurez 3 ó más. Si cualquier mazorca en ítem 8 es de código 2, reemplace cada mazorca de código 2 con una mazorca de código 3 y anótela en el ítem 9.

Para el 1^o de septiembre, deshoje y examine las primeras 5 mazorcas o brotes con barba más allá de la unidad 1, hilera 1 para etapa de madurez. Apunte los códigos de madurez en el ítem 8.

1^o de septiembre - Si el total en ítem 8 es 12 ó menos, omite ítemes 9 - 14. Si el total es 13 ó más, siga con el ítem 9 para las primeras 5 mazorcas de código 3 ó más. Si cualquier mazorca en ítem 8 es de código 2, reemplace cada mazorca de código 2 con una mazorca de código 3 y apúntela en el ítem 9.

En caso de haber más de una mazorca en un tallo, siempre cuente primero la mazorca más alta para las muestras de número impar. Siempre cuente primero la mazorca más baja para las muestras de número par. Pele las hojas sin quitar las mazorcas del tallo y clasifique cada mazorca según su etapa de madurez. Anote el debido código para cada mazorca. La regla es: MÁS ALTA -- IMPAR; MÁS BAJA -- PAR.

Si el campo está en una etapa temprana de crecimiento y como resultado no hay mazorcas ni brotes con barba en la unidad ni más allá de ella, anote una marca en el espacio apropiado en la instrucción arriba del ítem 8; omite ítemes 8 -- 14.

La clasificación de madurez para cada mazorca será basada sobre características externas de la planta y la mazorca, además de las características del grano.

Cada etapa de madurez posee varias características distintas. Todas estas características deben considerarse cuando se asigna una etapa de madurez.

El código 2 de madurez se refiere a la definición "brotes con barba o mazorcas sin evidencia de formación de granos." Códigos 3 a 7 de madurez se refieren a "mazorcas con evidencia de formación de granos" (ítem 7).

9. Etapa de madurez de las primeras 5 mazorcas de código 3 ó más.

Número de la mazorca					Unidad
1	2	3	4	5	
					1
					2

Código

¿Tiene el ítem 9 3 ó más mazorcas de código ??

() SI. Complete ítemes 12 y 13 únicamente.

() NO. Complete ítemes 10 y 11 únicamente.

1º de agosto y 1º de septiembre - Si la suma de los códigos de madurez para las 5 mazorcas en el ítem 8 es 13 ó más, copie en el ítem 9 el código de madurez para cada mazorca clasificada como de código 3 ó más. Cuandoquiera que el total de los códigos de las mazorcas es 13 ó más, y alguna mazorca de código 2 está anotada en el ítem 9, se seleccionará la próxima mazorca más allá de la unidad que tenga un código 3. Anote su código en el ítem 9.

NOTA - No debe haber en ninguna casilla del ítem 9 ninguna mazorca de código de madurez 2. Todas las mazorcas tienen que ser de código 3 ó más. Las mazorcas de código 2 deben haber sido reemplazadas con mazorcas de código 3.

Para el 1º de octubre, deshoje y examine las primeras 5 mazorcas con evidencia de formación de granos más allá de la unidad 1, hilera 2, para etapa de madurez. Apunte en el ítem 9 los códigos de madurez.

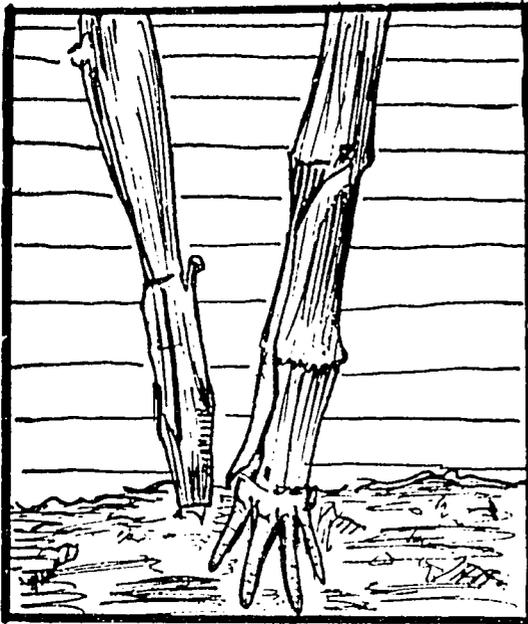
Para el 1º de noviembre, deshoje y examine las primeras 5 mazorcas con evidencia de formación de granos más allá de la unidad 2, hilera 2, para etapa de madurez. Apunte en el ítem 9 los códigos de madurez.

Todos los meses - Antes de partir una mazorca para determinar la diferencia entre códigos 6 y 7 de madurez, mida y anote la longitud media de las hileras de granos y anótela en el ítem 10.

¿Tiene el ítem 9 3 ó más mazorcas de código ??

() SI. Complete únicamente los ítemes 12 y 13.

() NO. Complete únicamente los ítemes 10 y 11.

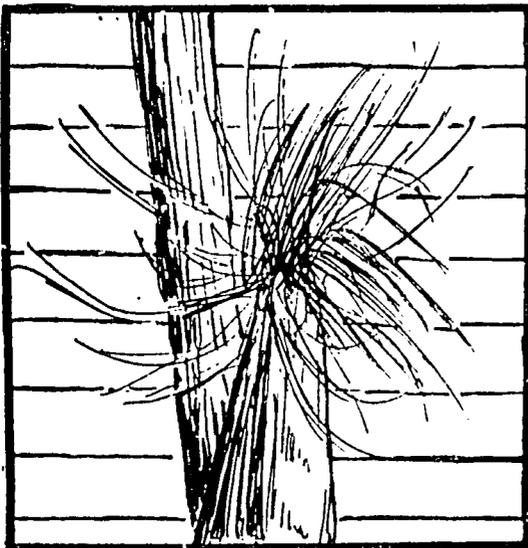


Puede encontrarse un vástago cerca del tallo principal, a menudo a un ángulo. (Este vástago está a la izquierda del tallo). No confundir los vástagos como tallos.



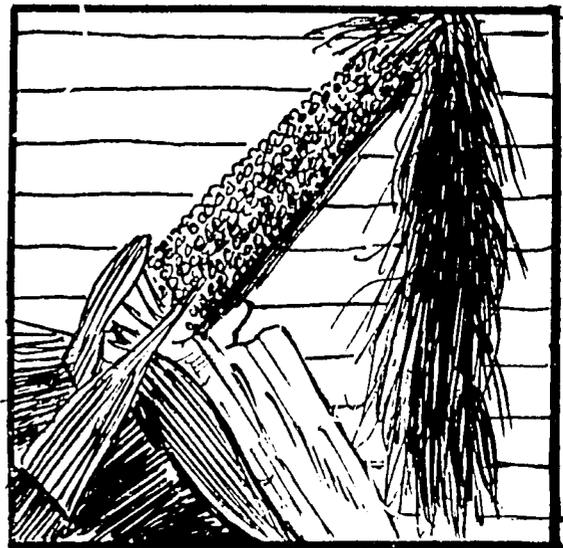
Código 3 - Ampolla

La barba empieza a cambiar de color y la mazorca aumenta de grosor. Granos, en vez de olote duro, pueden palpase a través de las hojas de la mazorca.



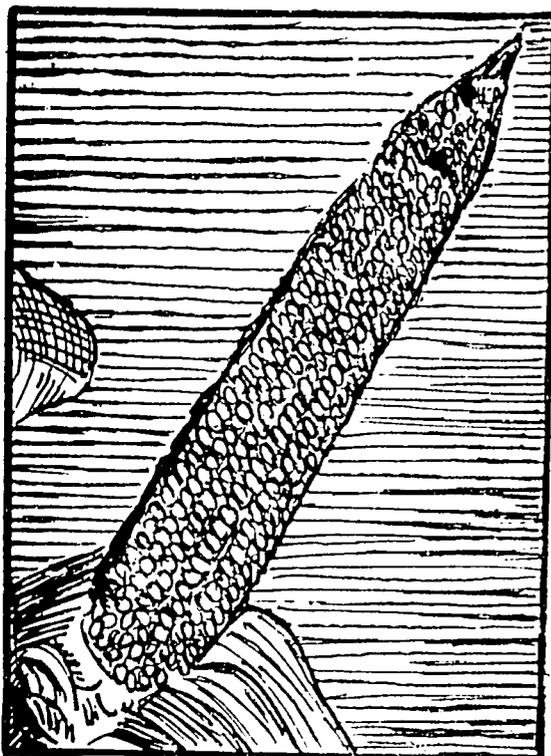
Código 2 - Preampolla

Barba todavía tiene color verdoso y no ha empezado a ponerse de color café. Sólo el olote y los pregranos duros pueden palpase a través de las hojas.

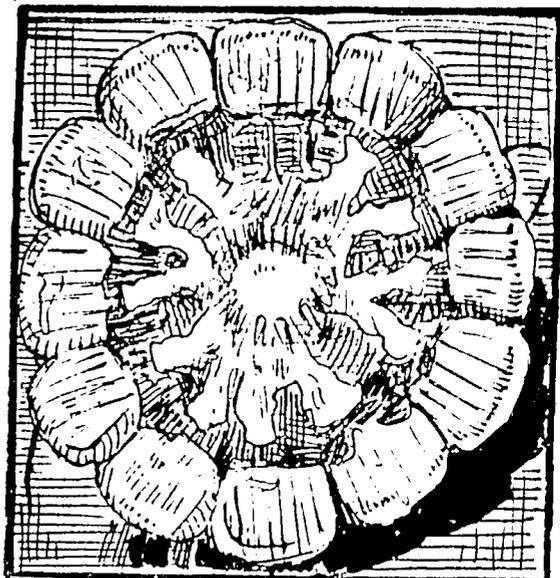


Código 3 - Ampolla

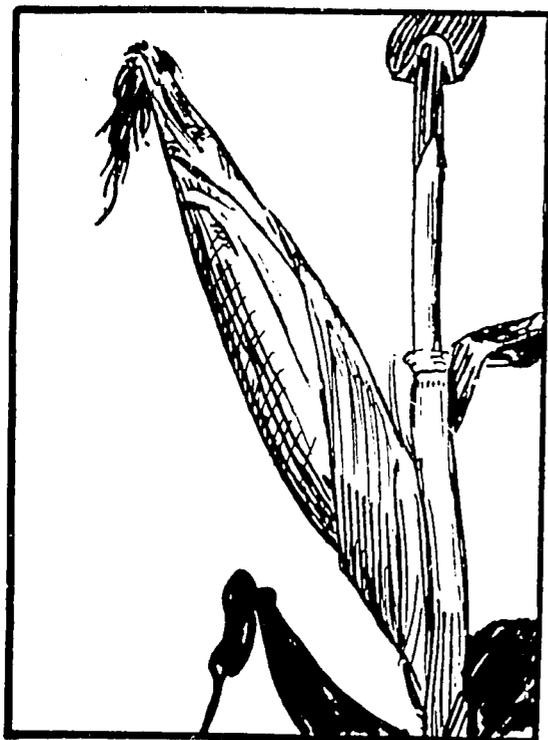
La mayoría de las mazorquitas tienen granos parcialmente formados de buen tamaño y llenos de un líquido acuoso claro. Gran parte de la barba ha cambiado de color y se siente algo seca.



Código 4 - Leche
La mayoría de los granos, aunque no plenamente desarrollados, están llenos de una sustancia lechosa, y tienen poca indentación, o nada.



Código 5 - Masa
Los granos están plenamente crecidos y todos contienen una sustancia lechosa o como masa. Como la mitad de ellos están indentados. En este ejemplo, la línea de madurez se nota, pero no ha llevado a la mitad de la distancia al olote en la mayoría de los granos.



Código 5 - Masa
La mazorca empieza a ponerse a mayor ángulo con el tallo y las hojas a tornarse color de óxido de hierro. La barba visible completamente morena y seca.



Para medir el olote, mantenga el cero de la cinta en la base del olote, estire la cinta por la mazorca hasta sentir la punta del olote, y marque ese punto con la uña del pulgar.

12. Como medir la longitud de las mazorcas

Al determinar la longitud de la mazorca, la marca cero de la cinta se mantiene en la base del olote con una mano. Con la otra mano, la cinta se estira por lo largo de la mazorca. Al palpar el extremo del olote entre pulgar e índice, este punto se marca con la uña del pulgar y se lee la longitud de la mazorca a la décima de pulgada más cercana. Cualquier hoja que proyecte más allá de la punta del olote no debe incluirse al medir la longitud. (Vea la página 131.)

Apunte las medidas en fracciones decimales: como 6,4 y no $6 \frac{4}{10}$, etc. No confunda esta medición de la longitud del olote con la medición de la longitud media de las hileras de granos en el ítem 10. En una misma mazorca, la longitud del olote es generalmente de $\frac{1}{2}$ pulgada a 2 pulgadas más que la longitud media de las hileras de granos.

3.5.5 Modelos de Crecimiento de Plantas

Estos modelos dependen de datos detallados sobre las plantas, recolectados con más frecuencia durante la estación, además de los datos ambientales. Los datos adicionales sobre las plantas se necesitan principalmente para proveer información acerca del crecimiento vegetativo y la etapa de desarrollo de ciertas partes de las plantas. Estas dos necesidades adicionales se resumen en el ejemplo C para tipificar la clase de información que puede necesitarse en el caso del maíz. Índices meteorológicos y ambientales probablemente se obtendrían de un sistema alternativo de recolección de datos, pero debido a las visitas más frecuentes a los campos, puede ser factible recolectar también los datos ambientales con instrumentos grabadores automáticos, utilizando los mismos operadores de campo.

EJEMPLO C - DATOS TÍPICOS NECESARIOS PARA EL MAÍZ

Parte A. Modelo de Crecimiento para Peso de Grano por Planta

No. de planta _____ Unidad _____ (Forma puede tener espacio para 20-50 plantas por unidad)

Datos del campo

1. ¿Ha florecido la planta? SÍ () NO () 0 ó 1 _____

2. ¿Ha salido la barba? SÍ () NO () 0 ó 1 _____

Si es SÍ, apunte el número del día (1º de enero = 1) _____

Para mazorcas con barba:

3. Mazorcas primarias en la planta Longitud _____
Circunferencia _____
Evidencia de formación de granos SÍ () NO ()

4. Mazorca secundaria en la planta Longitud _____
Circunferencia _____
Evidencia de formación de granos SÍ () NO ()

5. Otras mazorcas Longitud _____
Circunferencia _____
Evidencia de formación de granos SÍ () NO ()

Coseche las mazorcas en las plantas si 3 ó 4 muestra evidencia de granos y el número aleatorio apuntado es igual al número de la planta (NA = _____)

6. Número de mazorcas cosechadas _____

Identifique cada mazorca como de 3, 4, ó 5, y mándelas a la oficina o al laboratorio de campo.

Datos de laboratorio

7. Peso húmedo de mazorcas en gramos por tipo
No. 3. _____ No. 4 _____ No. 5 _____ Peso total _____

8. Número de hileras de granos
No. 3 _____ No. 4 _____ No. 5 _____

9. Número de granos en hilera aleatoria _____, _____, _____
No. 3 _____ No. 4 _____ No. 5 _____

Sacar los granos de la hilera seleccionada y secarlos por 36 horas.

10. Peso húmedo de granos sacados de 3, 4, 5 (gramos) _____

11. Peso seco de granos sacados de 3, 4, 5 (gramos) _____

12. Porcentaje de materia seca (línea 11 dividida por línea 10) _____

EJEMPLO C (continuado)

Parte B. Crecimiento Vegetativo de las Partes de las Plantas

- 1. Fecha de la siembra (número del día, partiendo del 1^o de enero = 1) _____
- 2. Fecha de emergencia (número del día, partiendo del 1^o de enero = 1) _____
- 3. Variedad _____ Fertilizante aplicado _____
- 4. Humedad del suelo inmediatamente después de la emergencia a: 0,5 metro _____
0,1 metro _____

5. Dirección de la hilera _____

6. Altura de la planta _____

7. Número de hojas _____

8. Tamaño de las hojas

	L	A		L	A		L	A
a.	_____	_____	h.	_____	_____	o.	_____	_____
b.	_____	_____	i.	_____	_____	p.	_____	_____
c.	_____	_____	j.	_____	_____	q.	_____	_____
d.	_____	_____	k.	_____	_____	r.	_____	_____
e.	_____	_____	l.	_____	_____	s.	_____	_____
f.	_____	_____	m.	_____	_____	t.	_____	_____
g.	_____	_____	n.	_____	_____	u.	_____	_____

Area de las hojas de la planta _____

9. Etapa de desarrollo (marque una): a b c d
e f g h

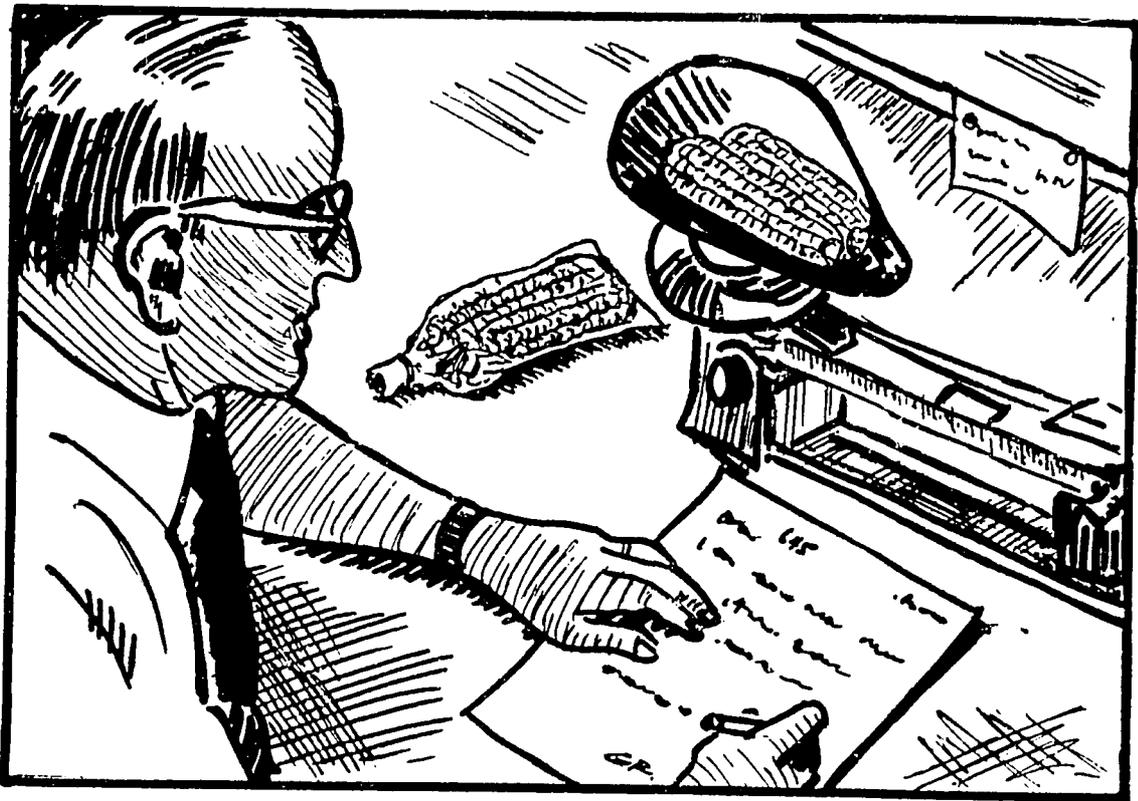
10. Índice de área foliar IAF _____

11. Terreno cubierto Por ciento _____

Corte la planta al nivel del suelo, si es seleccionada como muestra para laboratorio.

12. Peso húmedo de partes de la planta	Peso seco de partes de la planta
Tallo _____ gramos	_____ gramos
Hojas _____ "	_____ "
Cabeza _____ "	_____ "
Granos _____ "	_____ "
Pedúnculo _____ "	_____ "
13. Número de granos _____	

Figura 10 - Muestras maduras del cultivo enviadas al laboratorio para determinación de peso y humedad



3.5.6 Pronósticos del Rendimiento del Maíz

La técnica de pronosticación de rendimiento que se presenta se basa sobre datos reales recolectados en 1976 aproximadamente en la etapa de masa (alrededor del 1^o de septiembre) en un Estado seleccionado en el Medio Oeste de los Estados Unidos. Se cuentan las mazorcas y se miden las longitudes de ellas en parcelitas de 30 pies de largo que contienen dos hileras adyacentes, y se mide el espacio entre hileras para poder expresar el área de la parcelita en acres. El modelo básico para rendimiento es: Rendimiento biológico = mazorcas por acre x peso de grano por mazorca. La información que debe obtenerse es la siguiente:

- (1) Número medio de mazorcas con barba por parcela de hilera de 60 pies = 103,9
- (2) Espacio medio entre hileras = 3,32 pies
- (3) Factor de conversión a acres para una parcelita = 218,5
- (4) Número medio de mazorcas con barba por acre = 22.695
- (5) Longitud media de olote de mazorcas con barba medidas sobre las hojas = 7,92 pulgadas
- (6) Ecuación de regresión histórica (ecuación (4), página 54) para convertir longitud de mazorca a peso de grano con contenido de humedad de 15,5%
$$\bar{W} = (0,0854 \times 7,92) - 0,304 = 0,3724 \text{ libras} = 168,9 \text{ gramos}$$
- (7) Rendimiento biológico por acre = No. 4 x No. 6 = 8.451 libras
- (8) Rendimiento neto por acre estimado que se cosechará del campo (menos las pérdidas en el campo y de cosecha) = 8.451 x 0,90 = 7.606 libras = 135,8 bushels.

En este pronóstico un modelo de regresión global para peso de grano por pulgada de longitud del olote se usó junto con los promedios de los componentes inventariados derivados de la encuesta. La ecuación (4), página 54, se derivó de muestras probabilísticas de los principios de la década de 1960.

Un modelo alternativo para el peso del grano por mazorca será derivado de los números de granos por mazorca observados y un peso histórico (modelo de media global) para el peso por grano.

Los cálculos para el modelo alternativo de rendimiento son:

- (5a) Número medio de granos por mazorca = 543
- (6a) Peso histórico por grano (tabla 13, página 57)

$$W = 0,300 \text{ gramos por grano al } 15,5\% \text{ de humedad} \times \text{número de granos por mazorca}$$

se convierte a peso de grano por mazorca = 162,0 gramos
= 0,3591 libras.

- (7) Rendimiento biológico por acre, No. 4 x No. 6 = 8.150 libras
- (8) Rendimiento neto estimado por acre que se cosechará del campo = 7.335 libras = 131,0 bushels (menos pérdidas en el campo y en la cosecha: No. 7 x 0,90)

3.5.7 Pronóstico de Rendimiento del Maíz Basado Sobre Modelo de Crecimiento "Dentro del Año"

El uso del término "modelo de crecimiento" se aplica más correctamente a solamente la acumulación de materia seca por mazorca o por grano. El número de mazorcas, número de granos por mazorca y plantas con mazorcas al momento de la cosecha se pronostican con un "modelo de sobrevivencia" en vez de un modelo de crecimiento. El modelo de rendimiento implica el modelado por separado de los componentes individuales.

Los datos de campo han sido recolectados de una parcelita de configuración algo diferente. La parcelita se deslinda empezando en un punto aleatorio en cada campo. La parcelita consta de dos partes: las plantas en una sección de 50 pies de largo de una hilera desde el punto aleatorio, y las primeras 100 plantas a partir del punto aleatorio. La sección de 50 pies es una parte (subconjunto) de las 100 plantas.

Los métodos ilustrados para uso con el maíz pueden aplicarse a casi cualquier cultivo. Las características específicas de las plantas usadas en el modelado deben ser bastante similares para todos los cultivos de granos, el algodón, y la soya, además de los cultivos de enredadera y de árbol. El uso de características adicionales en el concepto de "tamaño de fruta", tales como diámetro, circunferencia o volumen puede ser necesario para mejorar la relación entre tamaño y peso.

3.6 Modelos para Evaluación de Rendimientos por los Agricultores

3.6.1 Introducción

Los reporteros de cultivos, observadores, u operadores de explotaciones agrícolas son a menudo solicitados para informar sobre los cultivos, sobre una base absoluta (i.e., bushels por acre) o relativa. Generalmente los informantes trabajan sin pago. Por eso, los cuestionarios son cortos y limitados a varios cultivos sembrados en la misma época.

El concepto de "condición normal" o "cosecha completa" se inició para pronósticos cuando el cultivo está en la etapa vegetativa de desarrollo. La evaluación del cultivo se basa principalmente sobre la densidad de siembra y el vigor de las plantas, pero también refleja la aparición de fruta en cultivos de corto período de fructificación. El número 100 frecuentemente se usa para designar una condición normal si no ha habido daño de tiempo desfavorable, insectos, plagas, etc. en los cultivos de campo. A medida que los cultivos se acercan a la madurez, se piden a los informantes que estimen el rendimiento probable en sus explotaciones, campos, o su localidad. En cualquier caso, la condición del cultivo o los rendimientos probables se traducen a rendimientos cosechados por medio de diagramas o ecuaciones de regresión sobre un período de años. Consecuentemente, es necesario mantener los conceptos durante años, y la muestra de informantes o agricultores debe ser representativa del cultivo sembrado en cada región o país. La mayoría de los informantes informan a intervalos regulares durante la estación de crecimiento, según la apariencia del cultivo. A medida que el cultivo se acerca a la cosecha, los pronósticos se basan sobre la apariencia de la fruta. En general, los cultivos con hábitos de fructificación bien definidos y visibles y que tienen un período "crítico" relativamente corto se pronostican con mayor exactitud. En comparación, los cultivos de raíces son sujetos a errores de pronosticación bastante grandes.

El ejemplo D muestra las preguntas básicas para informar sobre condición, y el ejemplo E da las preguntas correspondientes para rendimiento probable. El ejemplo F combina los dos conceptos y es la base para un ejemplo de la evaluación calificada de rendimiento tratada en el capítulo 2, en que se

hacen preguntas similares después de la cosecha.

EJEMPLO D - INFORME DEL AGRICULTOR SOBRE CONDICION DEL CULTIVO

Informe para su localidad

I. TRIGO DE INVIERNO

1. Para el trigo regado, ¿Qué es la condición ahora en comparación con el crecimiento y vitalidad normales que se esperaría ahora si no hubiera sufrido daño de ninguna causa?

QUE REPRESENTA 100 POR CIENTO UN CULTIVO NORMAL: Por ciento _____

2. Para el trigo no regado, ¿Qué es la condición ahora en comparación con el crecimiento y vitalidad normales que se esperaría ahora si no hubiera sufrido daño de ninguna causa?

QUE REPRESENTA 100 POR CIENTO UN CULTIVO NORMAL: Por ciento _____

II. MAIZ

3. Para maíz para grano, ¿Qué es la condición ahora en comparación con el crecimiento y vitalidad normales que se esperaría si no hubiera sufrido daño de ninguna causa?

QUE REPRESENTA 100 POR CIENTO UN CULTIVO NORMAL: Por ciento _____

III. DURAZNOS

4. ¿Qué es la condición de los duraznos ahora en comparación con una cosecha completa si no hubiera habido daño de ninguna clase?

QUE REPRESENTA 100 POR CIENTO UNA COSECHA COMPLETA: Por ciento _____

IV. CEREZA DULCE

5. ¿Qué es la condición de la cereza dulce ahora en comparación con una cosecha completa si no hubiera habido daño de ninguna clase?

QUE REPRESENTA 100 POR CIENTO UNA COSECHA COMPLETA: Por ciento _____

EJEMPLO E - INFORME DE AGRICULTORES SOBRE SU RENDIMIENTO PROBABLE

Informe para su explotación agrícola

I. MAIZ

1. Para maíz de riego, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 70 libras (mazorcas) o de 56 libras (grano)? _____
2. Para maíz no regado, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 70 libras (mazorcas) o de 56 libras (grano)? _____

II. SORGO PARA GRANO

3. Para sorgos de riego, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 56 libras? _____
4. Para sorgos no regados, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 56 libras? _____

III. TRIGO DE PRIMAVERA

5. Para trigo duro, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 60 libras? _____
6. Para trigo de primavera, aparte del duro, ¿Qué rendimiento por acre espera usted este año en su explotación, en bushels de 60 libras? _____

EJEMPLO F - EVALUACION CALIFICADA DE RENDIMIENTOS POR CAMPOS
CON EL CULTIVO

ARROZ

1. ¿Cuántas tareas están sembradas en tierra de riego solamente? _____
 2. ¿Cuánto arroz espera cosechar de las tierras regadas?
Cantidad _____ Unidad _____ Peso seco por unidad _____
 3. ¿Cómo describiría la cosecha esperada?
Muy buena __, Buena __, Mediana __, Pobre __, Muy pobre __
 4. ¿Cuántas tareas están sembradas solamente en tierra que no se regará? _____
 5. ¿Cuánto arroz espera cosechar de las áreas no regadas?
Cantidad _____ Unidad _____ Peso seco por unidad _____
 6. ¿Cómo describiría la cosecha esperada?
Muy buena __, Buena __, Mediana __, Pobre __, Muy pobre __
-

CACAO

7. ¿Cuántas hectáreas están sembradas este año sin intercalar? _____
8. ¿Cuánto cacao espera cosechar de estas tareas sembradas sin intercalar?
Cantidad _____ Unidad _____ Peso seco por unidad _____
9. ¿Cómo describiría la cosecha esperada?
Muy buena __, Buena __, Mediana __, Pobre __, Muy pobre __
10. ¿Cuántas hectáreas están intercaladas este año con otro cultivo? _____
11. ¿Cuánto cacao espera cosechar este año de estas hectáreas intercaladas?
Cantidad _____ Unidad _____ Peso seco por unidad _____
12. ¿Cómo describiría la cosecha esperada?
Muy buena __, Buena __, Mediana __, Pobre __, Muy pobre __

En general, las estimaciones visuales hechas por los agricultores o trabajadores de campo muestran considerablemente menos variación que los rendimientos verdaderos. Como consecuencia, la regresión o relación entre condición informada y el rendimiento puede no tener éxito en la eliminación de sesgo en los informes de condición. La fecha del informe final sobre rendimientos cosechados también pueden introducir un sesgo en los informes de agricultores sobre cultivos vendibles.

3.6.2 Rendimiento de Frijoles Secos Basado sobre Evaluaciones de Agricultores

Cada trimestre se hace un pronóstico del rendimiento de frijoles, que luego se multiplica por las tareas (1/16 de hectárea) para lograr un pronóstico de la producción. Todos los datos se recolectan como parte de una encuesta probabilística trimestral. La encuesta es una muestra estratificada por área en que las unidades de muestreo dentro de los estratos se seleccionan con probabilidades iguales, y se usa el método de segmento cerrado. Se obtuvieron datos de calificación de rendimientos para todos los campos dentro del segmento. Como consecuencia, las tareas en cada campo son aditivas, pero las características notadas en el campo tienen que ponderarse por las tareas para asegurar estimaciones insesgadas para las características. Información sobre rendimientos se obtiene para todos los campos en cada unidad de muestreo por área. La técnica de evaluación calificada por los agricultores del rendimiento tratada en el capítulo 2, página 28 se emplea. Los resultados correspondientes a una encuesta trimestral se resumen en la tabla 25. La $E(z)$ basada sobre los datos informados = $1,20 = (1,92)(0,000) + (1,68)(0,427) + (1,00)(0,443) + (0,32)(0,130) + (0,08)(0,000)$ para el período del pronóstico; $E(z) = 1,0$ para un cultivo mediano.

Las evaluaciones de los agricultores indican un rendimiento que es el 20 por ciento arriba del promedio para el trimestre venidero y aproximadamente el 10 por ciento mayor que su rendimiento cosechado (no mostrado) para el trimestre (o cultivo) pasado. Puesto que el nivel absoluto del rendimiento (1,23 quintales/tarea) indica un cultivo mejor que el promedio, vale la pena preguntar si la idea que tiene el agricultor de "rendimiento medio" es más alta o más baja de lo que se esperaría. El rendimiento medio derivado $1,23 \div 1,20 = 1,03$ quintales/tarea, en comparación con un rendimiento medio derivado después de la cosecha de 0,98 qq/tarea hace un año. El concepto de los agricultores de lo que es "normal" parece ser más alto que el del año pasado; quizá esto sea el resultado de la variabilidad muestral. Sin embargo, puede ser el resultado de mayor aplicación de fertilizantes, o de otros factores.

Tabla 25 -- Cálculos para el Rendimiento de Frijoles Secos

Condición de los frijoles	Centroide de probabilidad en el intervalo	Fracción de tareas en el intervalo para un cultivo normal	Fracción de tareas informadas en el intervalo para el cultivo de este año
Muy buena	1,92	0,036	0,000
Buena	1,68	0,238	0,427
Mediana	1,00	0,452	0,443
Pobre	0,32	0,238	0,130
Muy pobre	0,08	0,036	0,000
Esperanza	$E(z)$	= 1,00	$E(z) = 1,20$
Rendimiento esperado por los agricultores (ponderado por tareas: 1,23 qq/tarea)			
Rendimiento medio derivado basado sobre evaluación de la cosecha pronosticada $1,23 \div 1,2 = 1,03$ qq/tarea			
Rendimiento cosechado por los agricultores para el trimestre pronosticado <u>1/</u> 1,05 qq/tarea			

1/ Obtenido de la encuesta trimestral siguiente.

Hay un segundo método que conduce a esencialmente la misma información. Puede llamarse el "método del rendimiento medio del agricultor y su evaluación". Para cada siembra de su cultivo, temprano en la estación se pide a los agricultores que estimen su rendimiento probable y opinen lo que sería un rendimiento medio para el cultivo sembrado en el mismo campo. El rendimiento (o producción) esperado por el agricultor y el rendimiento medio para el mismo campo se informan para ser evaluados por los que usan los datos. El rendimiento medio dentro del año permite que el que usa los datos juzgue si esta cifra esté de acuerdo con el rendimiento informado en años anteriores.

Una fase igualmente importante de la información sobre rendimiento es la obtención de información similar de los mismos agricultores o de una muestra probabilística después de la cosecha. Los agricultores informaron un rendimiento de 1,05 qq/tarea después de la cosecha, que estuvo muy cerca del rendimiento medio derivado. Esta segunda encuesta provee información acerca de los acres cosechados anualmente y la producción, además de una evaluación por cinco categorías hechas por el agricultor del cultivo que se acaba de cosechar.

Es decir, se pide al agricultor que califique el rendimiento cosechado (la producción) por las cinco categorías dadas. Esta información provee una base para evaluar la capacidad de los agricultores para pronosticar su cosecha durante las estaciones y determinar si ellos evalúan el cultivo cosechado de una manera consistente con el modelo. Basado sobre la experiencia de varios años, parece haber una tendencia de parte de los agricultores de ser algo pesimistas a principios de la estación y, después de la cosecha, dar una mejor calificación con respecto a la estación que acaba de producir su cosecha de frijol.

3.7 La Pronosticación de Rendimiento de Nuez

3.7.1 Introducción

Los modelos de pronosticación que se han desarrollado se basan sobre datos acerca de la producción vendida y mediciones objetivas de variables para lograr a media estación un pronóstico de la producción. En general, los modelos que se han probado han empleado métodos de regresión que requieren una serie de puntos de datos sobre años antes de poder lograr pronósticos confiables. La fecha del pronóstico se refiere al 1^o de septiembre y se basa sobre una sola encuesta en el campo a fines de julio y principios de agosto que abarca aproximadamente 600 lotes de nogales para la recolección de datos. Las nueces están maduras y la cosecha está activa en octubre, pero la fecha varía según distritos a causa del gran número de variedades que se cultivan.

3.7.2 Selección de los Lotes y los Arboles

La muestra de 600 lotes fue distribuida en proporción al área productiva en cada condado. Los lotes de muestra fueron seleccionados al principio del programa y retenidos en los años siguientes. Sin embargo, la muestra es revisada cada año, porque algunos lotes se quitan y otros nuevos se agregan para representar las nuevas áreas que entran en producción. Los lotes fueron seleccionados con probabilidades proporcionales a la variedad y año de siembra. Dentro de cada lote se seleccionaron con probabilidades iguales dos árboles. Cada muestra consta de dos "unidades" de un árbol cada una. El mapa de la plantación tiene una pequeña tabla a la izquierda arriba que registra el número de hilera y el número del espacio para la localización del árbol número 1 y el árbol número 2. Cada árbol de muestra se indica y se rotula en el mapa de la plantación. Cerca de cada uno de estos números hay una pequeña flecha que indica la dirección en que se debe andar para contar las hileras y los espacios. Si un árbol de muestra cae dentro de una

de las categorías anotadas abajo, se selecciona un árbol alternativo:

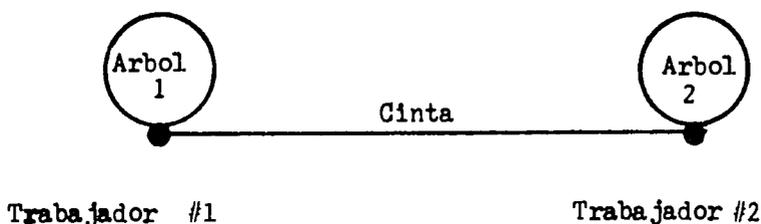
- (1) No hay árbol en el sitio seleccionado.
- (2) El sitio seleccionado está ocupado por un árbol joven que no produce.
- (3) El sitio seleccionado está ocupado por un árbol muerto.
- (4) El árbol seleccionado obviamente pertenece a una variedad distinta de la especificada en el encabezamiento del mapa de la plantación.
- (5) El árbol seleccionado no es nogal.
- (6) El árbol seleccionado es parte de un experimento ajeno (generalmente verificado por la presencia de rótulos, injerto, u otras marcas sobre el árbol).
- (7) No hay ramas accesibles.

Al seleccionar un árbol alternativo, partiendo del Rótulo de Identificación del Lote (RIL), siga por la misma hilera correspondiente al árbol original hasta encontrar el primer árbol que satisface los requisitos para ser seleccionado. Si no hay árbol elegible en esa misma hilera, habiéndose partido del RIL, seleccione el próximo árbol elegible en la próxima hilera hacia el RIL. Tenga la seguridad de que el árbol es de la variedad correcta.

3.7.3 Medición del Espaciamento de los Arboles

Para determinar el número de árboles por acre, se mide el espaciamento de los árboles en cada lote de muestra. El procedimiento requiere que se mida la distancia entre árboles en la hilera, y entre hileras, en cada sitio donde se encuentra un árbol de muestra. Cada equipo de trabajadores trae una cinta de 50 ó 100 pies de largo para medir la distancia entre árboles. Miden el perímetro de un triángulo de árboles en el caso de la mayoría de los árboles de muestra. La única vez que no se hace la medición es cuando el árbol de muestra se encuentra en siembra de lindero o en plantación irregular. La siembra de lindero tiene dos o tres hileras de árboles; la plantación irregular muestra una separación variable entre hileras y generalmente son sembrados los árboles en las líneas de nivel. Las siembras irregulares y de lindero se describen en comentarios.

Las mediciones de espaciamiento de los árboles requiere la cooperación de dos personas. La posición correcta de la cinta al tomar las medidas se muestra abajo:



Las distancias se miden de centro a centro, como se ve arriba.

El árbol de muestra se utiliza como un vértice del triángulo; los dos árboles más cercanos al árbol de muestra se seleccionan como los otros dos vértices, y se identifican con bandas claramente visibles de tiza alrededor de los troncos. No es necesario tomar las medidas en ningún orden particular. La cinta se estira y cada distancia se lee al pie más cercano.

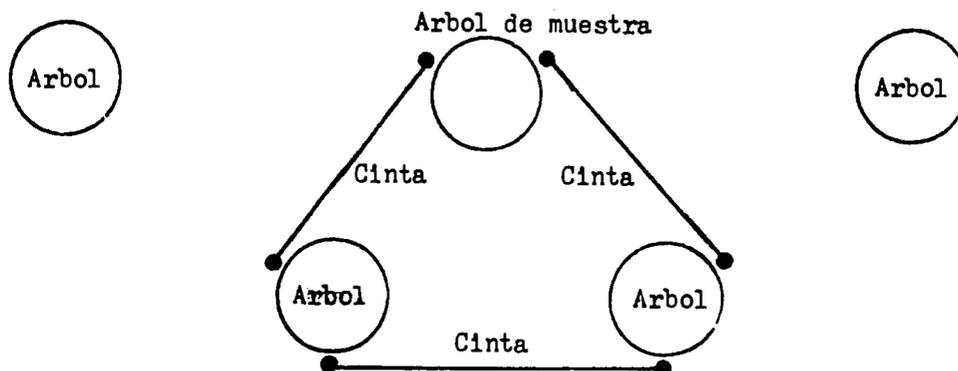
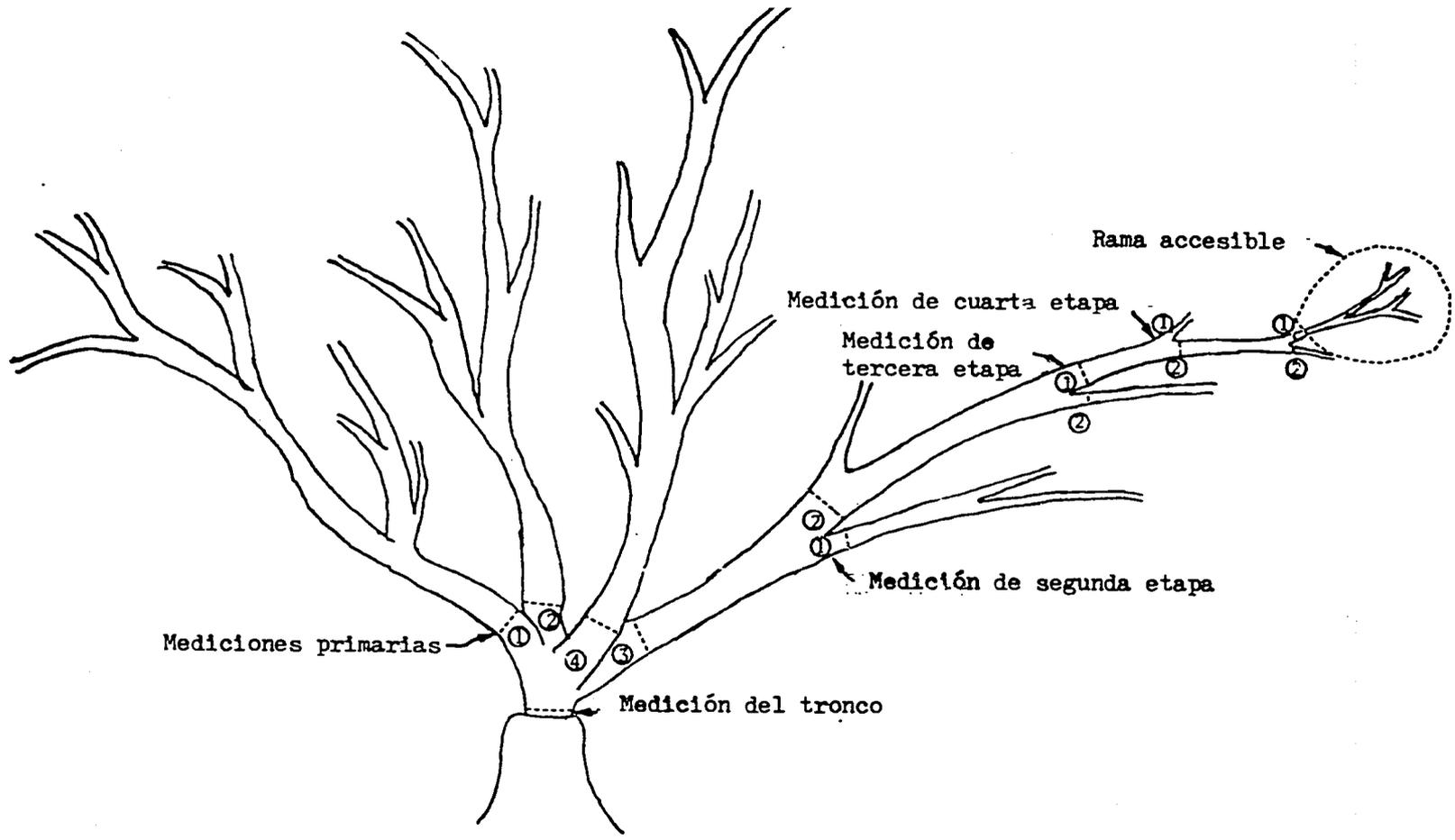


Ilustración de la manera de medir separación

Anote cada distancia en la forma A: Cuadro de Camino Aleatorio, bajo "Espaciamiento".

3.7.4 Selección de la Rama

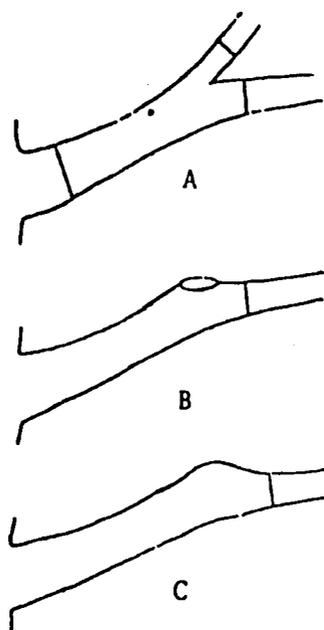
La selección de la rama ha sido limitada a las "ramas accesibles"; es decir, ramas que se pueden alcanzar con una escalera de 12 pies. El supervisor selecciona por el método de camino aleatorio la rama accesible que ha de usarse para la cuenta de las nueces. El área de sección transversal (a.s.t.) debe ser entre el 5 y el 15 por ciento de la a.s.t. acumulada de las ramas primarias del árbol. Una forma A que sigue en la página 148 muestra el procedimiento para un árbol. La cuenta de las nueces (42) también se muestra al pie de la forma. El medidor usa una cinta calibrada



Nogal con camino aleatorio predeterminado y rama accesible

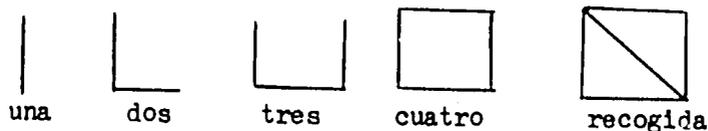
a.s.t. para medir el área seccional transversal del tronco y de cada horqueta primaria que sale directamente del tronco. Las primarias se enumeran, empezando con el número 1 en la dirección del RIL y procediendo en sentido dextrógiro (como las agujas del reloj), y se apuntan en este orden. Después de apuntar las a.s.t. del tronco y de las primarias, se procede por la primaria en que se encuentra la rama accesible. Si la rama accesible es a la vez una primaria, se habrán completado las mediciones. Sin embargo, en la mayoría de los casos, será necesario medir las horquetas secundarias y apuntar sus medidas. Si las mediciones hasta este punto no incluyen la medición de la rama de muestra, se continúa el procedimiento por el camino hacia la rama accesible hasta lograr la medida de esta rama y las ramas alternativas. Finalmente, después de la medición de la rama accesible, ennegrezca con lápiz la pequeña casilla que corresponde a la rama accesible e indique en la forma A el camino seguido hacia el tronco, mediante el ennegrecimiento de la debida casilla para cada etapa. La EIA (Etiqueta de Identificación del Arbol) se cuelga del punto en donde empieza la rama accesible.

La figura abajo ilustra dónde se miden las ramas hinchadas. Para ayudar en el entendimiento de estas, se incluyen ilustraciones de una rama podada y una no podada. Las líneas sólidas indican dónde se toman las medidas. La figura A muestra una rama no podada. Una medición se hace debajo de la horqueta y dos medidas se toman arriba de ella. La figura B muestra la misma rama, pero ya podada. Esta rama tiene una a.s.t. mayor de 0,5, y por eso tiene que considerarse. Se toma una sola medida, y tiene que ser tomada arriba de la cicatriz de la poda. Esa es la única locación que reflejará la superficie productiva. La figura C muestra la misma rama con un hinchazón, que es la herida causada por la poda, pero ya sanada. Mida todas las ramas hinchadas por la poda arriba del hinchazón. Como en el caso B, esa es la única locación que refleja la superficie productiva.



3.7.5 La Cuenta de las Nueces

La cuenta de las nueces empieza en la base de la rama accesible seleccionada o, en lotes muestrales viejos, en el punto de donde cuelga la etiqueta de identificación del árbol. Las ramas laterales se cuentan a medida que se encuentran, progresando de la base de la rama al extremo terminal de ella. El trabajador tiente alrededor de la rama principal para encontrar las laterales, y a la vez usa el creyón de marcar para marcar la principal a medida que progresa. Se cuenta cada nuez a su encuentro, y se marca con el creyón. Cada quinta nuez se recoge y se pone en un costal. El trabajador que lleva la cuenta anota en la hoja de cuentas cada nuez contada por su compañero y marcará cada quinta con un símbolo especial, como sigue:



La cuenta se apunta en la hoja de cuentas y se calcula el total para cada etapa, apuntándolo en la hoja y también en la casilla debida de la forma A. La etapa de la rama se anota en el margen izquierdo y se tira una línea a través de las columnas de cuenta antes de seguir con la próxima etapa.

Este procedimiento continúa con la recolección de cada quinta nuez; de allí en adelante, la cuenta se anota y las nueces se guardan en el costal. En caso de ser necesario mover la escalera antes de completar la cuenta en la rama muestral, se debe colgar una etiqueta un poco más allá de la última lateral que fue contada, para que el lugar esté visible desde el suelo cuando se vuelve a colocar la escalera. La cuenta exacta al extremo de la rama es la última cuenta que se apunta en la forma. Una nuez de muestra se recoge solamente cuando la cuenta llega a 5. A veces las ramas terminales estarán tan altas que será necesario contar algunas nueces por la vista UNICAMENTE. El operador debe tener una varita con gancho en el extremo para ayudarles a contar las nueces por la vista y para bajar las nueces de muestra. Incluya en la cuenta todas las nueces excepto aquellas que estén totalmente encogidas, dañadas por enfermedad, o achicadas; estas generalmente se caerán al más leve golpe.

FORMA A: CUENTA DE NUECES POR CAMINO ALEATORIO

Código de la encuesta	Año	Condado	Variedad	Número de lote	Número del árbol	Código del verificación	Código de actualización	No. de la forma	Día/mes	Estado del lote	No. de etapas
291	74	10	15	44	1			1	1/7		3
Etiquetas Encontradas	Lote	Milera	Arbol	Repuestas	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	0820	0905	45			M: PEAK	D: PRIMERA

CODIGO PARA ESTAPO DEL LOTE: 1 muestreado, 2 mojado, 3 arrancado, 4 abandonado, 5 asperjado, 6 sustituto, 7 no visitado, 8 negado, 9 no encontrado.

Rama	Etapas								
	Tronco 0	Primaria 1	2	3	4	5	6	7	8
1	a.s.t. 66,0	41,0	4,3	4,1					
2	a.s.t.	28,0	36,0	3,9					
	Total	69,0	40,3	8,0					
3	a.s.t.			32,0					
	Total			40,0					
4	a.s.t.								
	Total								
5	a.s.t.								
	Total								
6	a.s.t.								
	Total								
7	a.s.t.								
	Total								
8	a.s.t.								
	Total								
9	a.s.t.								
	Total								
10	a.s.t.								
	Total								
Número aleatorio									
Rama seleccionada		1	2	1					
Cuenta de nueces				42					
Verificación									

TARLA DE NUMEROS ALEATORIOS

316,7	66,1	64,4	94,3	15,6	91,9	3,1	6,7	3,6
041,3	54,1	55,8	34,3	63,5	35,2	3,6	1,9	0,0
184,1	72,8	48,1	18,3	47,9	98,2	3,4	0,5	6,1
192,4	18,6	19,1	36,7	41,8	61,1	7,4	5,2	4,7
159,9	74,6	27,7	37,0	74,8	31,9	0,7	1,7	2,4
179,4	32,3	92,1	97,6	36,1	19,9	6,3	3,1	4,1
408,7	78,4	64,2	25,0	11,8	62,7	0,1	3,7	4,2
089,9	62,0	95,3	67,8	70,0	44,1	8,7	1,5	9,8
186,9	12,3	02,8	07,8	33,2	62,4	8,3	0,0	2,3
234,8	76,3	78,4	16,0	56,5	96,1	0,5	0,8	6,7
340,6	05,0	41,4	98,0	72,0	28,8	0,7	4,2	8,4
459,3	46,9	78,3	54,8	25,9	36,2	8,2	4,2	4,3
434,7	47,6	65,6	43,8	29,9	78,2	8,2	3,0	2,9

Comentarios:

3.7.6 Selección de Submuestras de Nueces para Medición y Pesada

- (1) Ponga todas las nueces recolectadas de la rama terminal en la tabla de contar, colocándolas en una sola línea continua.
- (2) Cuente las nueces y apunte el total contado en la forma A en la casilla que corresponde a la última etapa donde se apuntó la rama terminal.
- (3) Seleccione 20 nueces para una muestra para determinar tamaño, como sigue:
 - (a) Divida el total contado entre 20 y redondee la cuenta al número entero más cercano. Este es el "intervalo de muestreo".
 - (b) Escoja aleatoriamente una línea de la tabla de números aleatorios, haciendo caso omiso de la cifra a la derecha de la coma. Escoja el primer número que sea 01 ó mayor pero que no exceda el intervalo. El número escogido designa la primera nuez que hay que escoger de la línea de nueces mencionada arriba. Vea a.(1).
 - (c) Escoja la segunda nuez por la adición del "intervalo" al número aleatorio.
 - (d) Escoja la tercera nuez por la adición del "intervalo" al número de la segunda nuez.
 - (e) Escoja la cuarta nuez por la adición del "intervalo" al número de la tercera nuez. Proceda hasta escoger 20 nueces. Si llega al fin de la línea de nueces antes de obtener 20 nueces, continúe la cuenta al principio de la línea.
 - (f) Si el total de nueces contadas está entre 10 y 20, incluya todas las nueces en la muestra.
 - (g) Ponga la muestra en una bolsa de neopreno junto con la identificación de la muestra.
 - (h) Fecha de medición. Apunte en la tarjeta de mediciones la fecha calendárica cuando se mide las nueces. Use dos cifras para el día, 2 cifras (o preferiblemente cifras romanas) para el mes, y las últimas dos cifras para el año, en ese orden.

3.7.7 Mediciones de las Nueces

a. Características del Pericarpio

Las primeras dos características descritas se anotarán para cada nuez examinada.

(1) Anchura máxima

Coloque los brazos del calibrador sobre el pericarpio en la parte más ancha de él, asegurándose que los brazos del calibrador estén paralelos al eje más largo de la nuez. Haga girar la nuez para que el calibrador mida la anchura máxima. Vea la figura 11, página 154.

Apunte la medida al milímetro más cercano bajo "Anchura máxima". Puede ser más fácil cumplir con el paso (3) "Anchura menor" antes de seguir con el paso (2) "Calidad".

(2) Calidad

Haga una determinación visual de la calidad del pericarpio. Las descripciones de las calidades son como sigue:

- (a) SANO. No hay daño visible salvo daños superficiales (como por el viento).
- (b) QUEMADURA DE SOL. El pericarpio empieza a tornarse amarillento primero. Gradualmente aumenta el amarillo y su centro se torna café amarillento y luego café oscuro. Generalmente no hay hundimiento del pericarpio.

La quemadura de sol puede producir una superficie plana en el pericarpio si ocurre antes del endurecimiento de la cáscara. Después del endurecimiento de la cáscara no se producen lados planos.

Califique la nuez como quemada de sol cuando está afectado el 10 por ciento o más de la superficie del pericarpio. Debe cortar algunas nueces para averiguar si la carne se ha dañado. En etapa avanzada la carne se vuelve negra y se encoge. No habrá ninguna substancia mojada dentro de la membrana. El daño a la carne varía según distrito y plantación.

- (c) DAÑO POR LARVAS. Busque larvas de la mosca del pericarpio del nogal en la parte superior del pericarpio cerca del pedúnculo. Las larvas pueden ser pequeños puntitos blanquizcos o adultos más grandes. El pericarpio ennegrecido es característico de las nueces infestadas con la mosca del pericarpio.

Haga una incisión en la parte negra. Deben ser claramente visibles las larvas de la mosca del pericarpio.

- (d) AÑUBLO. Habrá un hundimiento cuyo color varía de café oscuro a negro en el pericarpio. Generalmente, el añublo volverá oscura la carne cuando el hundimiento llegue a tener un diámetro de $3/8$ de una pulgada. Las áreas hundidas de este tamaño o mayores se codificarán como daño por añublo.
- (e) ENCOGIMIENTO. La apariencia del exterior del pericarpio indica que la nuez no se madurará. El pericarpio se encoge por causas aparte del añublo y quemadura de sol.

Utilice los códigos siguientes para la calidad:

SANO	=	1
QUEMADA DE SOL	=	2
DANO POR LARVAS	=	3
AÑUBLO	=	4
ENCOGIDO	=	5

Las mediciones siguientes se harán únicamente en cada quinta nuez, empezando con la de número 3.

(3) Anchura menor

Coloque los brazos del calibrador sobre la nuez de manera que el eje mayor de la nuez esté paralelo a los brazos del calibrador. Haga girar la nuez 90 grados de la posición que tuvo en (1) "Anchura máxima". Vea la figura 12. Apunte la medida al milímetro más cercano bajo "Anchura menor" en la forma B (tarjeta de mediciones).

(4) Longitud

Coloque el calibrador sobre la nuez de modo que un brazo pase por la cicatriz del pedúnculo en el extremo de la nuez; el otro brazo debe pasar por la punta del otro extremo de la nuez. Vea la figura 13. Apunte la medida al milímetro más cercano bajo "Longitud".

(5) Peso

Ponga la nuez en la balanza de Mettler. Pese la nuez a la décima parte de gramo más cercano, y anote el peso bajo "Peso".

b. Características de la cáscara

Parta con cuchillo el pericarpio por la línea de sutura para exponer la cáscara del nogal.

(1) Anchura máxima

Coloque el calibrador sobre la cáscara por la parte más ancha de modo que los brazos estén paralelos al eje mayor de la nuez.

Vea la figura 14, página 155. Apunte la medida al milímetro más cercano bajo "Anchura máxima".

(2) Anchura menor

Coloque el calibrador sobre la cáscara de modo que la línea de sutura y los brazos estén paralelos. La sutura debe estar a como 90 grados de cada brazo. Vea la figura 15. Apunte la medida al milímetro más cercano bajo "Anchura menor" en la forma B.

(3) Longitud

Coloque los brazos del calibrador sobre la cáscara de modo que abracen la dimensión mayor de la nuez. La sutura debe estar paralelo a la parte estacionaria del calibrador y junto a ella. Vea la figura 16. Anote la medida al milímetro más cercano bajo "Longitud".

(4) Calidad

Corte la cáscara por la mitad en la sutura y examine visualmente para determinar la calidad. Las calidades se describen así:

- a) SANA. No hay daño visible.
- b) QUEMADURA DE SOL. La carne está negra y encogida.
- c) DAÑO POR LARVAS. Se verán larvas de la mosca del pericarpio.
- d) AÑUBLO (carne negra). La carne se vuelve muy oscura.
- e) ENCOGIMIENTO. La carne se retrae de su área original.

- c. Complete los pasos apropiados para las demás nueces.
- d. Si hay menos de 20 nueces en la muestra, tire una línea a través de la tarjeta por los espacios provistos para la próxima nuez.
- e. Al terminar con la última nuez, compruebe visualmente los datos anotados; las cifras debajo de los encabezamientos de medidas indican el número de cifras que hay que apuntar en un campo particular para cada nuez. Compruebe cada columna de arriba hacia abajo para descubrir errores en el apunte de las medidas antes de proceder a la próxima muestra. Descarte las nueces de una manera aceptable.

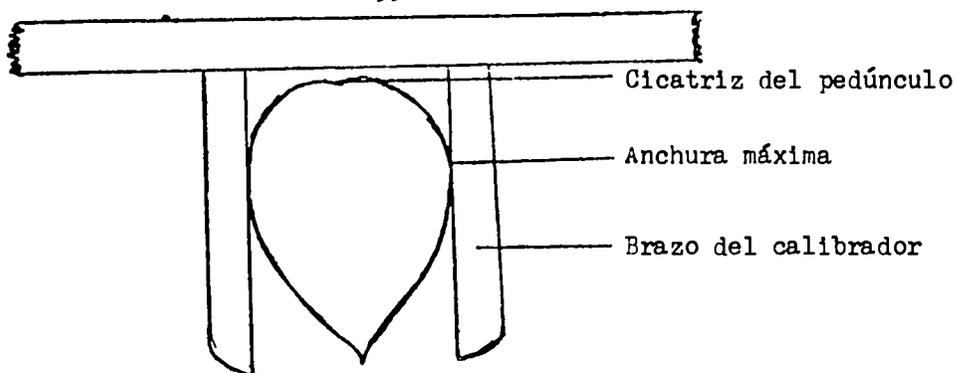


Figura 11. Medición de anchura máxima del pericarpio de la nuez

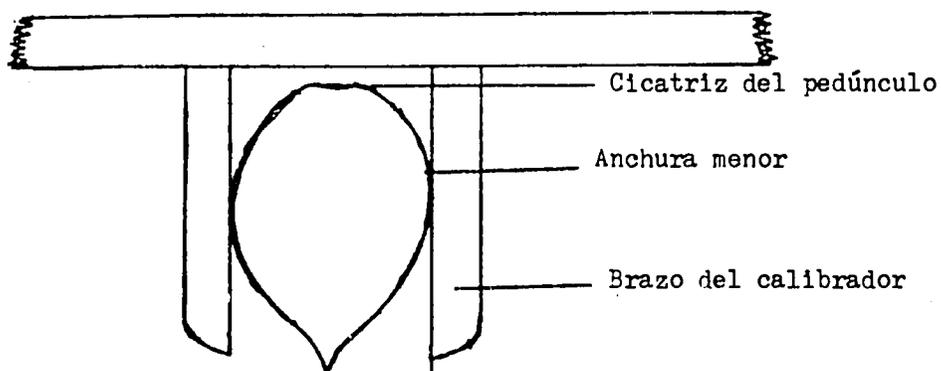


Figura 12. Medición de la anchura menor del pericarpio de la nuez

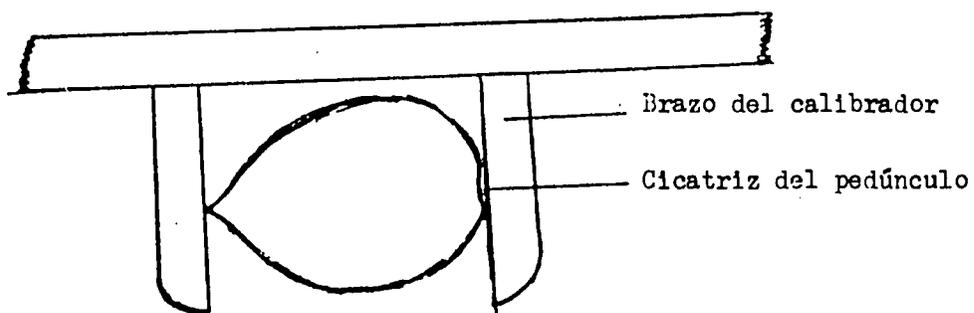


Figura 13. Medición de la longitud del pericarpio de la nuez

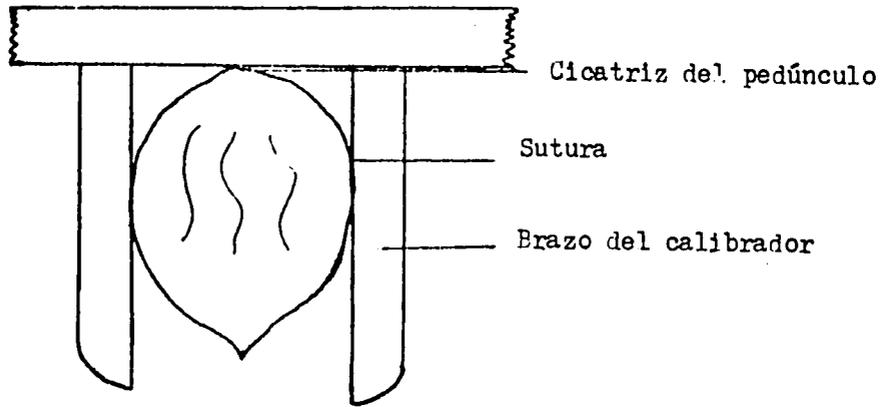


Figura 14. Medición de la anchura máxima de la cáscara de la nuez

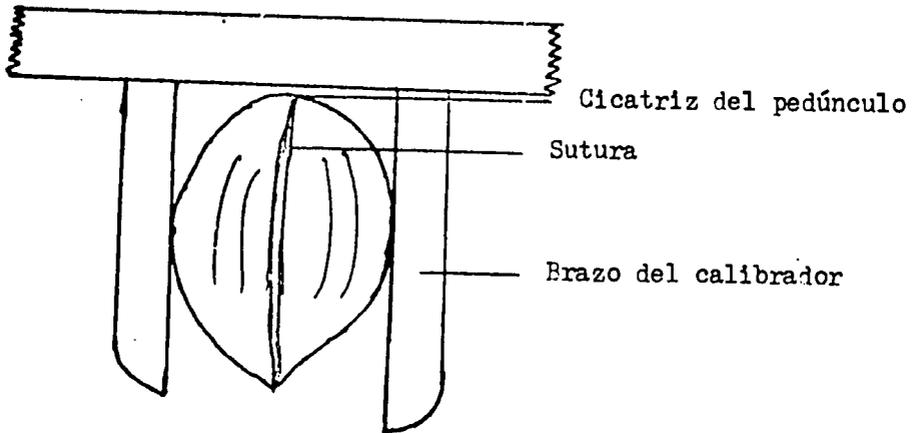


Figura 15. Medición de la anchura menor de la cáscara de la nuez

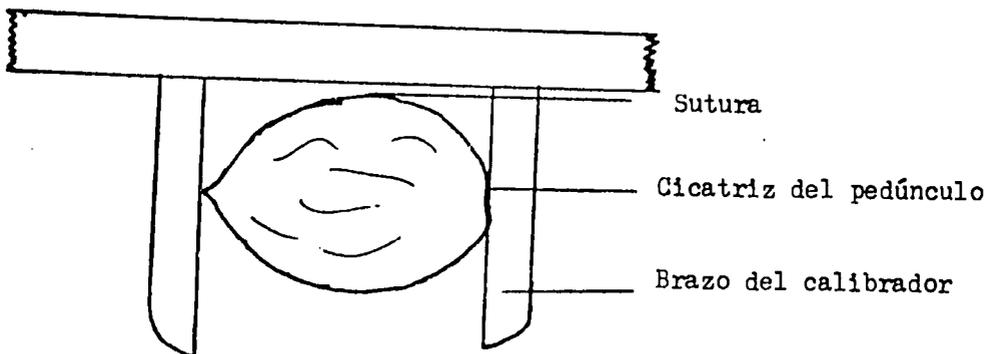


Figura 16. Medición de la longitud de la cáscara de la nuez

3.7.8 Pronóstico Basado Sobre Datos de Árboles y Producción para el Mercado

En cada plantación se ha muestreado una rama en cada uno de dos árboles. El total de nueces por árbol se obtiene usando una expansión de tipo de razón, puesto que la selección de la rama se limita a las ramas accesibles. Las nueces contadas en la rama de muestra se expanden a una cuenta total para el árbol, basada sobre la razón del área de la sección transversal de la rama muestreada al total del área de sección transversal de todas las ramas del árbol. Se selecciona una submuestra sistemática de cada quinta nuez para ser medida, pesada y calificada según calidad. Los modelos para rendimiento por árbol son como sigue:

$$\text{Rendimiento por árbol} = \text{Nueces sanas por árbol} \times \text{peso por nuez al cosecharse}$$

El modelo de producción es:

$$\text{Producción} = \text{Acres en producción} \times \text{árboles por acre} \times \text{rendimiento por árbol}$$

El modelo que en la práctica resulta mejor consiste en ajustar el rendimiento bruto (y producción) a una producción neta cosechada, basada en la producción informada por la industria. Se usa una regresión basada sobre una serie histórica. Un refinamiento adicional se introduce en el peso estimado por nuez basado sobre el número de nueces por árbol y el peso de la nuez con pericarpio. La regresión se deriva como sigue:

P = producción cosechada

$$\hat{p} = \text{producción bruta} = B \times T \times S \times W_h$$

B = acres en producción

T = árboles por acre

S = nueces sanas por árbol

W_h = peso de la nuez en cáscara al cosecharse

$$P = ae^{k\hat{p}} \quad \text{o} \quad \ln P = \ln a + k\hat{p}$$

donde a y k son parámetros de modelo que han de estimarse, y e es una constante. Los componentes del modelo arriba se desarrollan como sigue: El rendimiento por árbol es producto de W_h y S y se convierte de gramos a toneladas mediante los divisores 453,59 (gramos por libra) y 2,000 (libras por tonelada).

$$W_h = W \times \frac{\text{volumen de cáscara}}{\text{volumen total}} = W \times \frac{\left(\frac{\text{sutura de cáscara}}{2}\right)^3}{\left(\frac{\text{sutura de pericarpio}}{2}\right)^3} = W \times \frac{SS^3}{HS^3}$$

donde W = peso por nuez con pericarpio en la fecha de medición

SS = sutura de la cáscara

HS = sutura del pericarpio

Estos se calculan como sigue:

$$W = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{N_i} W_{ij}$$

$$SS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{N_i} (SS)_{ij}$$

$$HS = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^{N_i} (HS)_{ij}$$

N_i = número de nueces muestreadas por árbol
 t = número de árboles muestreados
 $N = \sum_{i=1}^t N_i$

y W_{ij} , $(SS)_{ij}$ y $(HS)_{ij}$ son los pesos y medidas de una nuez individual en el i -ésimo árbol.

El número de nueces sanas por árbol, S , se calcula de las nueces muestreadas como sigue:

$$S = S_A \sum_{i=1}^t \frac{S_i}{S_{Ai}} = S_A \cdot F_S$$

donde S_A = número medio de nueces por árbol = $\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t S_{Ai}$

S_i = nueces sanas en el i -ésimo árbol

S_{Ai} = todas las nueces en el i -ésimo árbol

F_S = fracción de nueces sin daño

El número total de árboles se estima del número de acres en producción multiplicado por número de árboles por acre, o $B \times T$.

Los promedios muestrales dan los resultados siguientes:

$$W_h = 44,10 \times \frac{(32,5)^3}{(40,5)^3} = 44,10 \times 0,5168 = 22,79$$

$$S = 1729,8 \times 0,9601 = 1660,8$$

$$T = 29,4$$

$$B = 163,234$$

$$a = 1,29$$

$$k = 0,70$$

$$\hat{p} = (163,234)1660,8 \times (29,4) 22,79 \div (454 \times 2.000) = 200,048 \text{ toneladas}$$

$$\ln P(1974) = 10,3796 + 0,000007984 (200,048) = 11,9525$$

$$o P = 158,906 \text{ toneladas}$$

El ajuste de la producción bruta de 200,048 toneladas a 158,906 toneladas es el resultado de varios factores no determinados entre los cuales los siguientes juegan en papel importante:

- (1) Reducción de peso de las nueces a causa de la pérdida de humedad y pericarpio entre la fecha del muestreo y la de la madurez
- (2) Posiblemente un sesgo en el procedimiento para estimar el peso en la cáscara inmadura
- (3) Ordenes oficiales de reducir producción, o cuotas de entrega
- (4) Pérdidas en la cosecha.

Los modelos basados sobre varias relaciones de regresión (durante años) con factores indeterminados, además de factores no conocidos, generalmente requieren frecuentes modificaciones y reevaluaciones de los parámetros cuando hay tendencias obvias en los componentes de rendimiento. Además, los grados de libertad usados en el modelado resultan en un número relativamente pequeño para la determinación del error, salvo que exista una larga serie de datos históricos.

3.7.9 Pronóstico Basado Sobre Datos Objetivos de Arboles

Una variación o modelo alternativo de rendimiento podría emplearse; los mismos datos de la encuesta se usan para ilustrar tal alternativo.

Peso por nuez (en cáscara) = peso con pericarpio x factor de ajuste
para convertirlo a peso en cáscara;
(basado sobre peso por unidad de volumen)
= 44,10 x 0,620 = 27,34 gramos

Peso por nuez (en cáscara)
al cosecharse = 27,34 x (1 - 0,00514 D), ajuste de peso
para días hasta la cosecha (D = 55)
= 27,34 x 0,7173 = 19,61 gramos

Rendimiento bruto por árbol
al cosecharse = número de nueces sanas x peso por nuez al
cosecharse
= 1660,8 x 19,61 = 32,568 gramos = 71,8 libras

Rendimiento neto por árbol = 71,80 x (0,93) = 66,77 libras

Producción = número de árboles x rendimiento neto por árbol
= 4.628,910 x 66,78 = 309.118.609 libras = 154.559 toneladas.

Cualquier ajuste debido a órdenes de mercadeo tendrían que aplicarse sobre la base de árboles c de la fracción de nueces sanas que se venderán.

3.8 La Pronosticación de Rendimientos con Datos Históricos de Tiempo y Cultivos

3.8.1 Introducción

La pronosticación de rendimiento basada sobre datos históricos de este tipo supone que es válido un modelo global de regresión. Puesto que la red de puntos de datos es generalmente limitada y las variables están disponibles solamente para áreas geográficas grandes y para cierto período, los factores de tiempo no deben considerarse como capaces de explicar diferencias en rendimiento en áreas geográficas pequeñas. Consecuentemente, las variables usadas representan promedios que no reflejan la amplitud total de las variables dentro de cualquier año, y las predicciones frecuentemente muestran errores mayores para años individuales que los niveles convencionales de errores calculados del modelo de regresión.

3.8.2 Pronóstico del Rendimiento del Maíz

La técnica descrita en el capítulo 2, sección 2 será usada para fines de ilustración. Se calculó el promedio de las temperaturas diarias. La precipitación del mes para cada estación de registro del tiempo en el Estado se presentan en informes mensuales publicados por NOAA.* Se calculó el promedio de los valores para cada uno de 10 distritos dentro del Estado. Se aplicaron ponderaciones (aproximadamente iguales) a los promedios de los distritos para obtener los valores mensuales para el Estado. El rendimiento de maíz para el Estado fue obtenido del informe publicado por el SRS que da los rendimientos cosechados, basados en una encuesta por todo el Estado. Las variables para 1972 se dan en la tabla 26. El rendimiento "normal" debido a la tecnología para 1972 se deriva del promedio móvil mostrado en el gráfico 7, página 161.

Tabla 26 - Variables de 1972 para el Rendimiento de Maíz

Variable	junio	julio	agosto
Temperatura media diaria (°F)	69,6	74,4	73,7
Precipitación mensual (pulgadas)	3,88	6,02	5,43
Rendimiento de promedio móvil (i.e., tecnología)	100 bushels		
Rendimiento cosechado por los agricultores	110 bushels		

* Administración Nacional Oceánica y Atmosférica

La desviación de los rendimientos pronosticados del nivel tecnológico por meses se derivaron de la siguiente ecuación:

$$\text{Junio } \Delta y_{11} = 173,801 - 43,275R - 2,475T + 0,6208RT = 1,280$$

$$\text{Julio } \Delta y_{21} = 89,939 - 23,666R - 1,26T + 0,3397RT = 5,651$$

$$\text{Agosto } \Delta y_{31} = 114,710 - 16,328R - 1,559T + 0,2261RT = 1,635$$

$$\text{Junio y julio } \Delta y_{11} + \Delta y_{21} = 6,931$$

$$\text{Junio, julio y agosto } \Delta y_{11} + \Delta y_{21} + \Delta y_{31} = 8,566$$

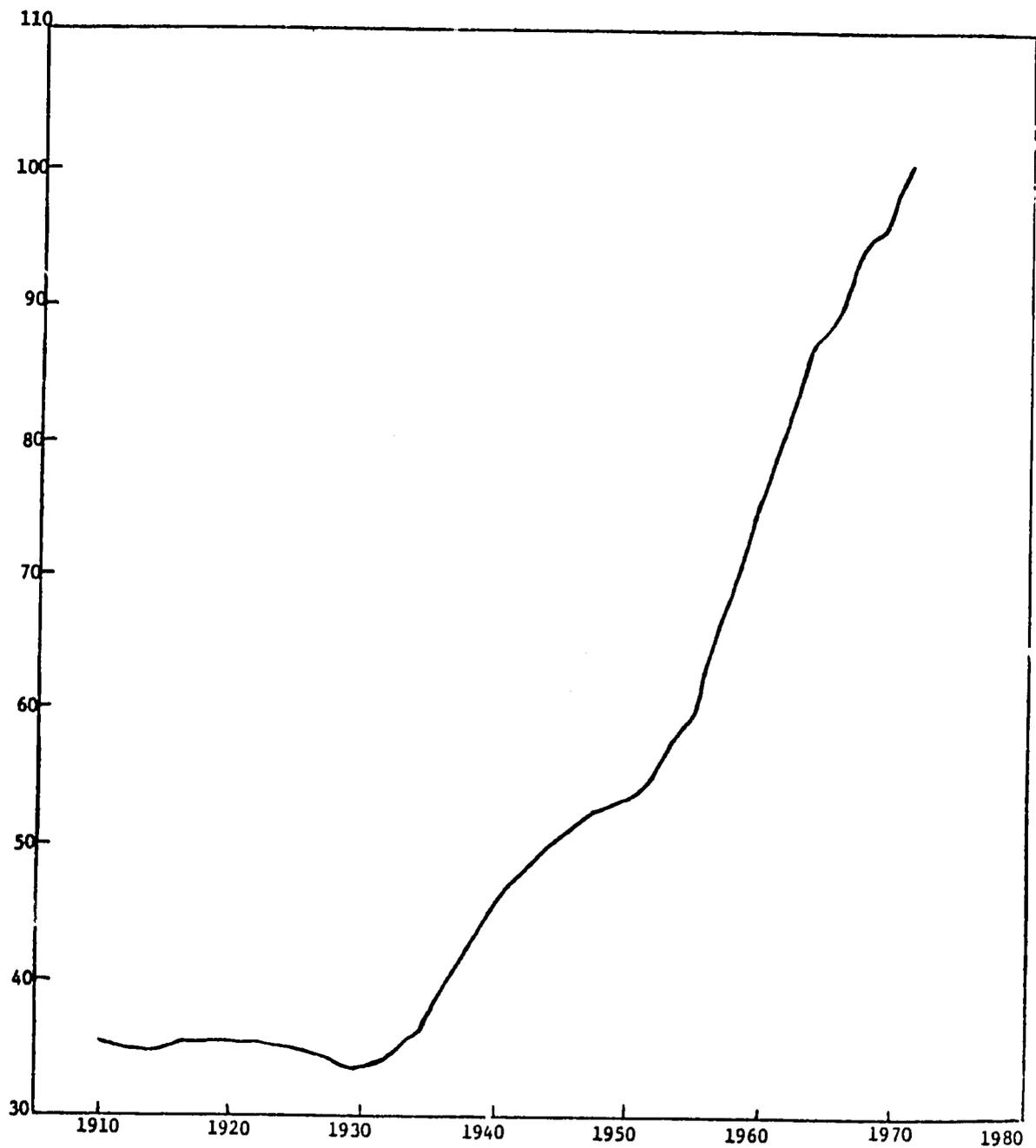
Los pronósticos de rendimiento cumulativo se resumen así:

$$\text{Junio} = 100 + 1,3 \hat{=} 101,3$$

$$\text{Junio y julio} = 100 + 6,9 \hat{=} 106,9$$

$$\text{Junio, julio y agosto} = 100 + 8,6 \hat{=} 108,6$$

GRÁFICO 7 - PROMEDIO MÓVIL SIMPLE DE 10 AÑOS DEL RENDIMIENTO
DE MAÍZ EN ILLINOIS



3.9 Pronosticación de Rendimiento de Cítricos

3.9.1 Introducción

El modelo de pronosticación tal como se desarrolló al principio fue descrito en el capítulo 2. El modelo básico se ha cambiado muy poco, salvo que ahora los estimadores de los componentes claves se derivan matemáticamente en vez de gráficamente. El primer pronóstico de la estación del cultivo se hace a principios de octubre, según el tipo de cítrico.

3.9.2 Selección de Lotes y Árboles

La encuesta utiliza el diseño estratificado de muestra probabilística de varias etapas, según los tipos principales de cítricos, descrito en el capítulo 2. Los estratos dentro de cada tipo son cuatro grupos de edades. Todos los árboles de edad productiva (4 años o más) y todas las áreas en producción se muestrean proporcionalmente dentro de los estratos.

La muestra de lotes se selecciona de un inventario de todas las plantaciones comerciales de cítricos de 1/3 de acre o más. El inventario se obtiene de fotografía aérea de todas las áreas que producen cítricos en el Estado, combinada con inspección terrestre de cualesquier plantaciones no previamente identificadas. La aerofotografía se hace cada dos años.

Las plantaciones seleccionadas se identifican por municipio, extensión, sección y lote. Para todas las plantaciones se suministran copias fotostáticas de las fotos aéreas, mapas del condado, e instrucciones que indiquen la locación. Si por cualquier razón una plantación de muestra no conforme a la descripción en las instrucciones, el supervisor de la cuadrilla notifica la oficina estadística, y se hace una substitución apropiada.

Dentro de una plantación, el procedimiento descrito en el capítulo 2 se ha modificado: en vez de usar grupos de 4 árboles, se seleccionan 3 para las plantaciones de naranjas, toronjas, Temple, y tangelos. En cada plantación el supervisor de la cuadrilla tiene que (1) cortar una fruta de cada árbol de muestra para verificar el tipo debido de fruta, y (2) verificar que el árbol pertenece al grupo de edad debido. Los tres árboles se obtienen del grupo de cuatro árboles mediante la eliminación aleatoria de un árbol. Los árboles de muestra se cambian cada 3 a 5 años en sistema de rotación gradual alrededor del árbol pivote. Esta rotación gradual mantiene un alto grado de identidad de los árboles en años sucesivos a la vez que permite que árboles nuevos entren a la población; también provee una medida de cualquier efecto de longevidad de la muestra en los árboles retenidos por varios años.

3.9.3 Selección de la Rama

La etapa final del muestreo es la selección de una porción del árbol en que se contarán las frutas. Esa porción del árbol se selecciona por el método de camino aleatorio descrito en el capítulo 2. Cuando este procedimiento de etapas múltiples termina, la porción seleccionada tuvo una probabilidad de selección proporcional al área de sección transversal de la rama. La recíproca de esta probabilidad multiplicada por la cuenta de frutas provee un método insesgado para estimar la cuenta total de frutas en el árbol. Si la rama seleccionada no es demasiado pequeña, el método es más eficiente que selección con probabilidades iguales a causa de la correlación positiva entre la a.s.t. de la rama y el número de frutas.

Después de haberse escogido la rama de muestra, se divide entre unidades más pequeñas para fines de la cuenta. Dos cuentas distintas se hacen, cada una por un trabajador distinto de la cuadrilla. Si las dos cuentas varían más del 5 por ciento, se hacen cuentas adicionales. Una selección aleatoria de una rama en una submuestra aleatoria del 10 por ciento de las plantaciones se hace como verificación de calidad.

3.9.4 Estadística sobre Caída de Fruta

Una medida de la mortalidad de la fruta antes de la cosecha tiene que introducirse en los cálculos del pronóstico, porque las estimaciones iniciales del número medio de frutas por árbol se establecen de cuentas hechas en agosto y septiembre. La pérdida natural de frutas desde agosto hasta el mes en que cada tipo de fruta se considera madura se mide en una serie de inspecciones mensuales. La madurez se considera como alcanzada en ciertos meses terminales predeterminados que preceden el período más intenso de la cosecha. Las fechas terminales son: diciembre para tangelos y mandarinas, enero para naranjas tempranas y de media estación, febrero para Temple y toronja, y abril para naranjas tardías.

Los árboles de muestra para la determinación de fruta caída se sacan de un marco de ruta en vez de usar el marco de cuenta por ramas, puesto que el marco de ruta es más accesible para las observaciones mensuales. Este marco muestral consiste en todas las plantaciones productivas comerciales que dan a una ruta de 1,600 millas (25,600 kilómetros) que atraviesa las áreas productivas de los condados más importantes. Este microcosmo de la población cítrica provee una base satisfactoria para muestrear la caída y otras características relativamente uniformes.

La muestra para cada variedad se estratifica entre cuatro áreas (grupos homogéneos de condados) y los cuatro grupos de edad previamente mencionados. El tamaño de muestra dentro de los estratos se basa sobre la productividad en un año básico.

Se selecciona una rama de muestra que tenga aproximadamente el 2 por ciento del a.s.t. del tronco y que esté cerca de la altura del hombro, en un lado designado del árbol. Esta rama se marca con una etiqueta y se cuentan todas las frutas más allá de la etiqueta en cada inspección. Las cuentas mensuales se anotan en cuadernos de bolsillo. Las diferencias entre la cuenta inicial y las posteriores indican la caída en el momento de la inspección. La caída media se calcula para cada estrato de edad y área y entonces son combinadas por ponderación según producción para determinar la caída media para el Estado. Las cuentas muestrales se ponderan porque las plantaciones se seleccionan con probabilidad proporcional a la producción histórica y el método del "2 por ciento" de muestrear las ramas tiende a poner una parte desproporcionada de la muestra en árboles mayores y más productivas.

La caída mensual se proyecta al mes terminal para estimar la caída estacional para uso en los modelos de pronosticación.

Forma para el Reconocimiento de Fruta Caída

CUENTA DE FRUTAS CAÍDAS DURANTE LA ESTACIÓN 1969-70

Area _____ Ruta _____ Condado _____
 Tipo _____ Plantación _____ Edad _____

Arbol # 1

Arbol # 2

Hilera x Arbol	Locación del árbol	Hilera x Arbol
	Locación de fruta	
Cuenta de frutas	Mes de la cuenta	Cuenta de frutas
	agosto	
	septiembre	
	octubre	
	noviembre	
	diciembre	
	enero	
	febrero	
	marzo	
	abril	

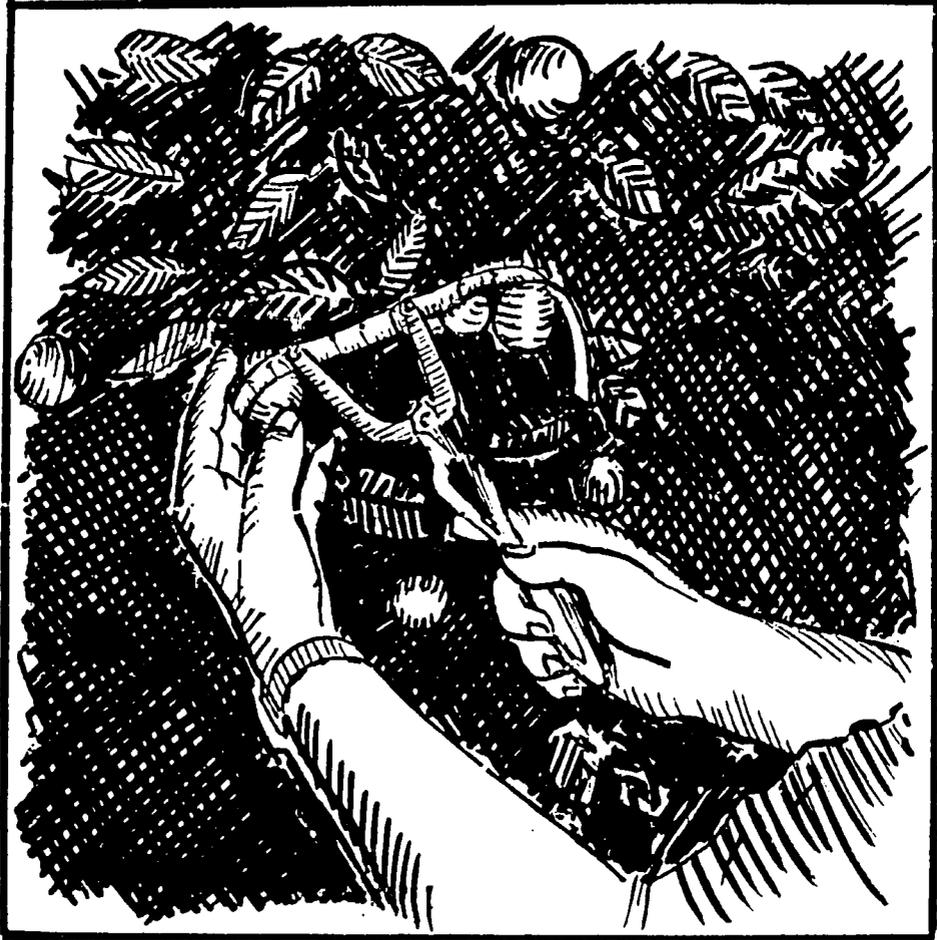
3.9.5 Tamaño de la Fruta

La medición del tamaño de la fruta coincide con la inspección para caída. Además, la misma submuestra de árboles en plantaciones de muestra sacadas del marco de ruta se utiliza para ambos conjuntos de observaciones mensuales. Para determinar el tamaño de las frutas, se miden 10 frutas de muestra por árbol de un par de árboles en cada plantación de muestra. Cada mes se obtienen distribuciones de frecuencia de tamaños estándares de frutas frescas y se estima el tamaño medio.

Las frutas que han de medirse se determinan por categorías de tamaño mínimo en un punto especificado en el árbol a una altura aproximadamente la del hombro. Se pone etiqueta al árbol en este punto y, para cada inspección, se miden las circunferencias horizontales de las 10 frutas de fructificación típica más cercanas de la etiqueta. La fotografía indica la posición de las mediciones y el aparato usado para obtener la circunferencia.

Estas medidas de circunferencia se apuntan en la forma de 240 casillas que se usa en el campo. El resumen se hace en volumen, que se correlaciona linealmente con el peso y, por lo tanto, es aditivo.

Figura 16 - Medición de circunferencia de las frutas cítricas



La velocidad de crecimiento de varios tipos de cítricos se mostró en el capítulo 2. Las fechas indicadas son los meses en que se llevaron a cabo las mediciones; generalmente estas se hicieron cerca de la tercera semana de cada mes. Las curvas de crecimiento anual generalmente corren paralelas entre sí, permitiendo que estas relaciones sean bastante eficaces en la pronosticación de tamaño a la madurez. Debe notarse que las medidas de fruta en el árbol no reflejan el tamaño cuando son cosechadas. Las observaciones tempranas son de fruta inmadura, y las mediciones para pronósticos generalmente terminan antes de la cosecha mayor. El tamaño de la fruta a la madurez se define como el tamaño medio de las frutas en plantaciones en un mes específico. Estos meses terminales son los mismos que se usan en los reconocimientos de caída. Antes del mes terminal, es necesario estimar el tamaño medio que la fruta alcanzará en el mes terminal.

SERVICIO DE INFORMACIÓN SOBRE CULTIVOS Y
GANADO DE FLORIDA
1222 Woodward Street
Orlando, Florida 32803

RECONOCIMIENTO DE CRECIMIENTO
DE CÍTRICOS

MEDICIONES POR CALIBRADOR DE
CIRCUNFERENCIAS

Ruta _____ Area _____ Washington () Tor. bca, c/sem. () Mandarina ()
Nar. temp. () Tor. ros. c/sem () Temple ()
Plant. _____ Condado _____ Nar. med. () Tor. bca. s/sem () Tangelo ()
Fecha _____ Edad _____ Nar. tard. () Tor. ros. s/sem () Murcott ()

Pulg.	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	0579	0865	1231	1689	2247	2917	3710	4634	5699	6917	8297
1 16	0594	0885	1257	1721	2285	2964	3764	4696	5771	6998	8388
2 16	0610	0906	1285	1753	2324	3010	3818	4759	5843	7080	8481
3 16	0626	0927	1310	1786	2363	3057	3875	4821	5616	7163	8574
4 16	0643	0948	1337	1819	2403	3104	3928	4884	5989	7246	8668

Forma usada para derivar volumen de frutas cítricas

3.9.6 Pronóstico de Cítricos en Florida

La estimación objetiva de la producción de cítricos por tipo se calcula de los resultados de cuatro reconocimientos o distintos tipos de actividades de recolección de datos:

(1) El número total de árboles comerciales se determina cada dos años, pero se ajusta en los años intermedios, sobre la base de tendencia y datos sobre la población de plantas.

(2) Número de frutas por árbol se determina de la cuenta de frutas en una rama muestra en agosto y septiembre.

(3) Se hace mensualmente una cuenta de frutas caídas para dar una indicación de los cambios, y proyectar el número de frutas que quedarán para la cosecha.

(4) Mensualmente se miden los tamaños de las frutas en una muestra para determinar el crecimiento y proyectar el volumen de fruta para la cosecha.

El número estimado de frutos por árbol fue $\hat{F} = 696$. La caída estimada de agosto a septiembre fue 0,1439. La caída hasta la cosecha se estimó usando una ecuación de regresión múltiple:

$$D_h = a + b_1\sqrt{x_1} + b_2x_2 + b_3x_3$$

donde $x_1 = 0,1439$ = fracción de fruta caída hasta 15 de septiembre

$x_2 = 696$ = número estimado de frutas por árbol en septiembre

$x_3 = 7,25$ pulgadas cúbicas = volumen estimado por fruta en septiembre

$$D_h = 0,7050 + 1,472(0,3793) + 0,00001(696) + 0,045(7,25) = 0,1865$$

La fracción de la fruta de septiembre que ha de ser cosechada es:

$$H_h = 1 - D_h = 0,8135$$

El tamaño o volumen de la fruta en pulgadas cúbicas en la cosecha se estima usando una ecuación de regresión múltiple como sigue:

$$V_h = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3$$

donde $x_1 = 7,25$ = volumen medio por fruta en pulgadas cúbicas en septiembre

$x_2 = 696$ = número estimado de frutas por árbol en septiembre

$x_3 = 2$ = cambio mensual en volumen por fruta de agosto a septiembre

$$V_h = 2,909 + 0,915(7,25) - 0,0028(696) + 1,085(2) = 9,764 \text{ pulg}^3$$

La estimación por regresión de volumen por fruta se usa para derivar el número de frutas por caja usando una ecuación de regresión como sigue:

$$\hat{S} = 65,87 - 1,95V_h + 1772 \div V_h = \text{frutas por caja al mes terminal}$$

$$S = 65,87 - 1,95(9,764) + (1772 \div 9,764) = 228,313$$

El rendimiento pronosticado por árbol en cajas de fruta es:

$$\hat{Y} = \frac{F \cdot H}{S} = \frac{696(0,8135)}{228,3} = 2,48$$

La producción esperada se obtiene multiplicando el rendimiento por árbol por el número de árboles:

$$\hat{P} = T \cdot \hat{Y} = 14.256.000(2,48) = 35.355.000 \text{ cajas.}$$

3.9.7 Costos de Reconocimientos Objetivos para Rendimiento, 1967-68

Tabla 27: Costos de Reconocimientos Objetivos sobre Rendimiento y Asuntos Relacionados, 1967-68

Reconocimiento	Unidad de costo	Clasificación de costos					Total
		Campo			Oficina		
		Sueldos		Kiló- me- traje	Viá- ti- cos	Útiles, depen- dien- tes, PA D	
		Dentro de plan- ta- cio- nes	Entre plan- ta- cio- nes				
Cuenta de rama 1/	Plan- ta- ción de mues- tra	\$ 9,43	\$ 6,29	\$ 4,87	\$ 1,02	\$ 1,62	\$ 23,23
Tamaño y caída 2/		0,84	1,25	0,45	0,27	0,82	3,63
Madurez 3/		0,23	1,30	0,47	0,10	0,21	2,31
Cuenta de hileras 4/	Reconocimiento	620,00	110,00	200,00	35,00	100,00	1.065,00

- 1/ Estos costos se basan sobre una cuadrilla de cinco persons: cuatro trabajadores y un supervisor.
- 2/ Tratado como una sola inspección, porque ambos tipos de observaciones se hacen en los mismos árboles de muestra. Las inspecciones se llevan a cabo cada mes. La información generalmente es recolectada por un par de trabajadores.
- 3/ Este reconocimiento se hace dos veces cada mes.
- 4/ Costo mensual.

3.10 Conclusiones

La persona encargada del programa de pronóstico de rendimiento generalmente se encara con un dilema: (1) ¿ Debo escoger el modelo simple que sé será razonablemente satisfactorio en cuatro de cinco años a la vez que dará resultados pobres en el quinto año? O (2) ¿ Debo escoger un modelo más elaborado que es algo más satisfactorio y puede proveer indicios de que una estación no usual puede estar ocurriendo en el quinto año? Tradicionalmente, la primera decisión ha sido escogida a causa de los ahorros en costos y por la conveniencia de la recolección de datos. También hay algo de evidencia para sugerir que los modelos complicados pueden no reflejar necesariamente las influencias estacionales, aunque se basen sobre el cultivo en desarrollo. Esta evidencia no es concluyente ni se basa sobre un modelado completo de componentes del rendimiento. Además, no hay evidencia concluyente

para sugerir que la combinación de variables del tiempo o ambiente con las características de la planta en un modelo tendrá más éxito, y estos datos auxiliares inflarán los costos de adquirir los datos. El problema no está sin esperanza ni es imposible de resolver teóricamente, pero puede serlo en la práctica, a causa de los costos y la incapacidad de predecir el quinto año malo y su disimilitud con desviaciones marcadas de las estaciones que sigan la norma.

Hay quizá dos métodos que den mejores respuestas que los métodos comúnmente usados por los que proveen información pública: (1) Más detalles estacionales sobre las características de las plantas y las relaciones entre los componentes de naturaleza avanzada y los de naturaleza atrasada, y (2) un análisis discriminante estacional para identificar la estación no usual antes de la cosecha, del cual se podrá tomar una decisión de emplear un conjunto alternativo de procedimientos o parámetros de modelo. El análisis discriminante involucrará no solamente información estacional más detallada sobre las características de las plantas pero también una manera de medir y predecir el consumo o acumulación de nutrientes en las partes de la planta.

El primer método es realista en términos de los componentes conocidos de rendimiento que se usan en los modelos. Por ejemplo, en años de rendimiento malo y de rendimiento excelente de maíz, el cambio en grano por mazorca se refleja solo parcialmente en la longitud media del olote o de la hilera de granos, porque el número de granos y el peso por grano también son factores. Los indicios están presentes bien antes de la cosecha, pero el modelo o procedimiento usado en la pronosticación tiene que ser seleccionado por el analista de modo que discrimine tal estación de las condiciones más típicas en las cuales la mayoría de los datos sobre el cultivo se recolectan. Por supuesto, la relación entre las características avanzadas y las atrasadas tiene que emplearse entonces. Sin embargo, será obvia la dirección del componente atrasado, aunque la relación exacta sea imprecisa, porque los efectos generalmente son cumulativos.

El segundo método es probablemente más costoso e involucra a científicos agrícolas que generalmente no se meten en procedimientos operacionales de recolección de datos para sacar inferencias o pronósticos para áreas geográficas grandes. Sin embargo, hay muchos beneficios o usos investigativos que podrían obtenerse de estas medidas más detalladas del desarrollo de las partes de la planta además de los que sirven para el modelado de rendimiento.