

OPTIMIZACION DE CAPITAL, TIERRA Y MANO DE OBRA
EN LA ZONA DE TUCURRIQUE

Tesis de Grado de Magister Scientiae

Ernesto Valdivia H.



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DE LA OEA
Centro Tropical de Enseñanza e Investigación
Departamento de Desarrollo Rural
Turrialba, Costa Rica

OPTIMIZACION DE TIERRA, CAPITAL Y MANO DE OBRA PARA LA
. ZONA DE TUCURRIQUE

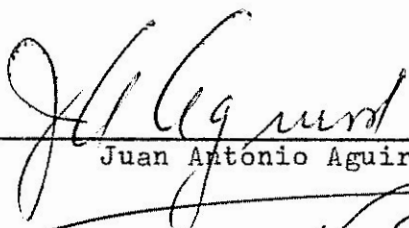
Tesis

Presentada al Consejo de la Escuela para Graduados
como requisito parcial para optar al grado de
Magister Scientiae

en el

Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA

APROBADA



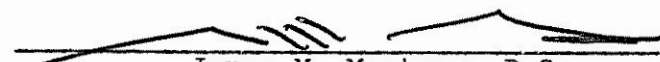
Juan Antonio Aguirre, Ph.D.

Consejero



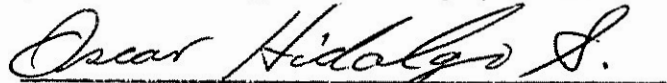
Gilberto Páez, Ph.D.

Comité



Jorge M. Montoya, D.Sc.

Comité



Oscar Hidalgo S., Ph.D.

Comité

Marzo, 1971

DEDICATORIA

A mi esposa: Angelita

A mis hijos: Ernesto y
Tatiana

A mi madre: Mercedes

Como expresión de gratitud
permanente

A mi hermano: Víctor

Por su ejemplo estimulante
digno de imitar

A mis demás hermanos

AGRADECIMIENTO

El Autor agradece:

Al Profesor Juan Antonio Aguirre, Consejero Principal por su estimulante compañía, su constante colaboración y su acertada orientación académica, tanto a través de esta investigación, así como en el impartir de sus cátedras.

Al Profesor Gilberto Páez, Miembro del Comité, por su valiosa orientación y enseñanzas tanto a través de la preparación, análisis y presentación final del estudio, así como también por su constante preocupación como maestro y como amigo.

Al Profesor Manuel Vidal ex-Miembro del Comité por el estímulo que supo dirigir a través de sus cátedras como maestro y sugerencias valiosas al inicio del estudio.

Al Profesor Jorge M. Montoya, por su colaboración y atenciones.

Al Padre Roberto Rodríguez, como expresión del aprecio a su inclinación benéfica hacia el campesino.

Al Profesor Oscar Hidalgo-Salvatierra, por su gentileza y atenciones.

Al Personal de la Biblioteca y Servicio de Documentación, por sus valiosas enseñanzas e inolvidables atenciones.

A todos los Profesores, compañeros y amigos, por su compañía inestimable y su amistad imperecedera.

A los campesinos de la zona de Tucurrique en general y principalmente, a Rafael Alberto Araya, cuya cooperación efectiva fue un factor determinante en este estudio.

BIOGRAFIA

El autor nació en la ciudad de Estelí, Nicaragua, el 2 de mayo de 1939. Cursó sus estudios primarios en su ciudad natal, y sus estudios secundarios en Managua, Nicaragua, en el Instituto Nacional Central Ramírez Goyena.

En el año de 1961 ingresó a la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, obteniendo en ésta el título de Ingeniero Agrónomo en el año de 1965, en el mismo año ingresó al "Servicio de Consulta y Capacitación Agropecuaria" del Ministerio de Agricultura y Ganadería, como agente de Extensión Agrícola hasta el año de 1967, este mismo año comenzó a trabajar en el Proyecto de "Catastro e Inventario de Recursos Naturales", como Coordinador de grupos en la zona del Pacífico.

En setiembre de 1969, ingresó en la Escuela para Graduados del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA, en Turrialba, Costa Rica, finalizando sus estudios de post-grado en Marzo de 1971.

CONTENIDO

	<u>Pág.</u>
Lista de cuadros	viii
Lista de figuras	xi
Lista de mapas	xii
1. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivos	1
2. REVISION DE LITERATURA	2
3. METODOLOGIA	12
3.1 Medio físico-biológico	12
3.1.1 Características climáticas	12
3.1.2 Características edáficas	12
3.2 Uso actual de la tierra	15
a. Café	18
b. Caña de azúcar	19
c. Pejibaye	19
d. Banano y Plátano	20
e. Mafz	22
f. Cultivos hortícolas	23
3.3 Medio humano	26
3.3.1 Definición de la población	26
3.3.2 Tamaño de la muestra	26
3.3.3 Instrumento de muestreo	27
3.4 Método de análisis	30
a. Análisis armónico	30
b. Programación lineal	32
4. RESULTADOS	
4.1 Análisis del factor trabajo	35
4.2 Resultados de la optimización de los factores de la producción	38

	<u>Pág.</u>
A. Estrato I	38
B. Estrato II	41
4.2.1 Primera solución . Estrato I	42
4.2.2 Segunda solución. Estrato I.	50
4.2.3 Tercera solución. Estrato I.	56
4.2.4 Cuarta solución. Estrato I.	63
4.2.5 Primera solución. Estrato II	68
4.2.6 Segunda solución. Estrato II.. . . .	71
4.2.7 Tercera solución. Estrato II	74
5. DISCUSION	79
6. CONCLUSIONES.	83
7. RESUMEN	84
SUMMARY	85-a
8. LITERATURA CITADA	87
APENDICE	90

LISTA DE CUADROS

	<u>Pág.</u>
1. Requerimientos ecológicos del cultivo del café.	18
2. Requerimientos ecológicos del cultivo de la caña de azúcar...	19
3. Requerimientos ecológicos del cultivo del pejibaye.	20
4. Requerimientos ecológicos del cultivo del banano y plátano.	22
5. Cálculo de jornales totales según edad y sexo .	29
6. Contribución relativa de cada armónico a la variancia total de la fluctuación de jorna- les para estrato I y II.	36
7. Contribución relativa de cada armónico y ampli- tudes en la fluctuación de jornales. Estrato I.	36
8. Contribución relativa de cada armónico y ampli- tudes en la fluctuación de jornales. Estrato II.	37
9. Uso actual. Utilización óptima de tierra y es- tabilidad. Primera solución. Estrato I. . . .	43
10. Análisis de la mano de obra según resultados de la primera solución. Estrato I.	45
11. El empleo y subempleo en la zona de Tucurrique de acuerdo con: situación verdadera para año 1969-70 y resultados de la primera solución. Estrato I.	47
12. Valor marginal de sustitución (Shadow-price) Primera solución. Estrato I.	48
13. Uso actual, utilización óptima de tierra y esta- bilidad. Segunda solución. Estrato I. . . .	51
14. Análisis de la mano de obra. Segunda solución. Estrato I.	52

	<u>Pág.</u>
15. Situación de empleo y subempleo en la zona de Tucurrique. Segunda solución. Estrato I.	53
16. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Segunda solución. Estrato I	55
17. Uso actual, utilización óptima de la tierra y estabilidad. Tercera solución. Estrato I.	57
18. Análisis de la mano de obra. Tercera solución. Estrato I.	59
19. Situación de empleo y subempleo en la zona de Tucurrique. Tercera solución. Estrato I.	60
20. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Tercera solución. Estrato I.	61
21. Uso actual, utilización óptima de tierra y estabilidad. Cuarta solución. Estrato I.	63
22. Análisis de la mano de obra. Cuarta solución. Estrato I.	64
23. Situación de empleo y subempleo en la zona de Tucurrique. Cuarta solución. Estrato I.	65
24. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Cuarta solución. Estrato I.	66
25. Uso actual, utilización óptima de tierra y estabilidad. Primera solución. Estrato II	68
26. Análisis de la mano de obra. Primera solución. Estrato II.	69
27. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Primera solución. Estrato II.	70
28. Uso actual, utilización óptima de tierra y estabilidad. Segunda solución. Estrato II.	71
29. Análisis de la mano de obra. Segunda solución. Estrato II.	72
30. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Segunda solución. Estrato II.	73

31. Uso actual, utilización óptima de tierra y estabilidad. Tercera solución. Estrato II . .	74
32. Análisis de la mano de obra. Tercera solución. Estrato II.	75
33. Valor marginal de sustitución (Shadow-price). Tercera solución. Estrato II.	76
34. Resumen de actividades reales, disponibles y resultados del estudio.	78

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
1. Fluctuación anual de jornales. Estrato I. . . .	39
2. Fluctuación anual de jornales. Estrato II. . . .	40

LISTA DE MAPAS

	<u>Pág.</u>
1. Localización del área de estudio.	14
2. Uso potencial de la tierra.	16
3. Uso actual de la tierra.	17
4. Precipitación anual.	24
5. Temperaturas.	25

1. INTRODUCCION

La República de Costa Rica por su extensión territorial y su alto índice de crecimiento demográfico, necesita de un planteamiento económico y social para acelerar el desarrollo del país a nivel regional. Esto incluye esfuerzos dirigidos al estudio de áreas y dentro de éstas al estudio de fincas.

Existe en la zona, notoria variabilidad de las clases de suelos, distribución de capital, y empleo de la mano de obra.

Las fuentes de trabajo son escasas y parecen competir y no complementarse en su empleo en ciertos meses del año. Lo anterior sucede principalmente con el café, la caña y el pejibaye, cuyas épocas de zafra, beneficio y cosecha se realizan entre los meses de setiembre a abril.

El presente trabajo pretende establecer la distribución óptima de los factores de la producción en la zona de Tucurrique y su comportamiento en cuanto al uso de los recursos de la tierra, capital y mano de obra. Estudios como éste podrían servir para orientar la política agrícola que instituciones interesadas (ITCO, MAG, etc.) puedan formular en el futuro, en favor del desarrollo agrícola de la zona.

Los objetivos principales de esta investigación fueron:

- 1.1 Establecer la combinación de actividades (cultivos) que maximicen el margen bruto total de la zona, de acuerdo con limitaciones de capital, tierra y mano de obra.
- 1.2 Analizar el patrón de uso de mano de obra a través del año, principalmente los meses de mayor utilización, estableciendo un patrón racional de uso.

2. REVISION DE LITERATURA

Son pocos los estudios econométricos de esta naturaleza hechos en Costa Rica y específicamente en la aplicación de la programación lineal en la planificación de áreas. No obstante, García (12) siguió la siguiente metodología: Describió las características generales de San Carlos: clima, suelos, comunicación, energía eléctrica y características de la población y posteriormente los recursos de tierra, trabajo y capital, las posibilidades de producción (actividades reales o cultivos considerados).

Posibilidades de producción no incluidas en el modelo: café, bosques, palma africana. El modelo básico tiene 35 ecuaciones (actividades consideradas) y 32 vectores estructurales.

A partir de las disponibilidades o restricciones, de cada actividad incluida en el modelo de programación se obtuvo el "plan óptimo". Usando el modelo básico de disponibilidades, se variaron los precios de las actividades reales y los recursos de capital disponible, generándose así una serie de planes óptimos. Esto permite tener alternativas para enfrentar los posibles cambios al plan óptimo (12).

La mano de obra no fue una limitación excepto durante el mes de junio. La tierra para pastos, bosques y otros usos no fueron restricciones efectivas, pero hubo tierras cultivadas que fueron agotadas por los resultados del plan óptimo. El plan óptimo indica que la actividad producción de carne es más beneficiable que la actividad producción de leche.

Bejarano (2), concentró su investigación en los fundos familiares del valle de Chíncha en Perú. El método de análisis fue el de programación lineal.

A partir de la consideración simultánea de todos los planes relevantes y factibles, el modelo fue diseñado para especificar el plan que dará el margen bruto máximo, sujeto a las limitaciones de capital, agua, tierra y mano de obra en el valle de Chíncha del Perú.

La ecuación de utilidad ha sido determinada considerando el margen bruto, por cada actividad; ingreso total menos costos variables de producción. Esta es denominada "fila C" en el modelo y muestra del margen bruto por cada actividad y por unidad de producto.

En la definición del margen bruto por cada actividad se supone que todos los productos son vendidos en un tiempo prudencial. Restando todos los costos fijos del programa se podría obtener el ingreso neto del fundo.

En este trabajo se seleccionaron las siguientes actividades reales: calabaza (Cucurbita máxima, C. pepo), arveja (Pisum sativum), camote (Hipomoea batata), tomate (Solanum lycopersicum), maíz híbrido, maíz asociado con frijol, alfalfa (Medicago sativa), algodón (Gossipium spp), pallar (Phaseolus lunatus), maíz (Zea mays) y yuca (Manihot utilissima).

Los datos de requerimientos de mano de obra, necesidades de agua y probable cosecha de cada cultivo, fueron discutidos con los técnicos y agricultores de la zona cuando se obtuvo los datos de insumo/producto, a través de la encuesta.

Las necesidades de capital en cada actividad representan el requerimiento de capital mensual por cada operación. Este incluye gastos variables, no así gastos fijos como los costos de la tierra y edificios del fundo. La restricción de capital fue considerada tomando en cuenta la actual capacidad de crédito mensual del agricultor.

El área promedio del fundo familiar en el valle del Chincha es de 4 hectáreas; sin embargo, para analizar el efecto del aumento de la tierra, manteniendo los otros recursos al mismo nivel, el tamaño del fundo fue incrementado a 8 hectáreas con suelos IV y V.

Al igual que Candler (3) donde el capital fue incluido como restricción efectiva en el planeamiento de fundos, este trabajo plantea esta misma restricción en la misma forma.

Otra restricción considerada en el modelo fue el área del fundo. En el primer análisis, el tamaño del fundo programado fue el típico fundo familiar del valle del Chincha.

La restricción de mano de obra fue expresada en horas de trabajo por mes.

A continuación se expresan algunas de las características principales para cada una de las situaciones consideradas.

La primera situación se planteó asumiendo 4 hectáreas en el fundo y 12000 soles mensuales de restricción de capital. Los factores de capital y tierra fueron analizados con respecto a los once cultivos explotados por los agricultores en el valle. El margen bruto total fue de 46377 soles. Los meses críticos con respecto a los requerimientos de capital fueron junio y noviembre, en estos meses el capital fue totalmente agotado. El costo de oportunidad para capital en

estos meses es de 0,16 y 0,10 soles respectivamente, es decir que por cada 100 soles en que se incrementa la inversión en estos meses, hay un beneficio de 16 y 10 soles respectivamente por año.

En el resto de las alternativas planteadas, el capital no fue agotado en ningún mes del año. La segunda situación se planteó en forma idéntica a la primera con la particularidad de haber incluido: alfalfa, incremento en el área de arvejas asociadas con maíz, mayor área de tomate. Como resultado el margen bruto fue reducido de 46337 soles en la primera solución a 45620 en esta solución. La tercera solución se diferencia de la primera por que la mano de obra fue definida por mes, y dio un margen bruto total de 46620 soles, esto indica que la mano de obra no es una restricción en la zona. La cuarta situación difiere de las demás en que el área fue incrementada de 4 a 8 hectáreas, este incremento en el área dio como resultado un 71% de ingreso anual derivado del capital invertido en abril.

Los resultados finales de este trabajo consideran cinco planes o alternativas y concluyen que:

1. Existe exceso de mano de obra
2. Los principales recursos restrictivos son agua y capital
3. En la situación primera los meses de máximas necesidades de capital fueron Junio y Noviembre. La inversión de capital de 16% y 10% por año respectivamente.
4. En situaciones II y III, el valor marginal muestra que una inversión adicional en los gastos variables no afectan el nivel de ingresos favorablemente.

5. En la situación IV, cuando la tierra disponible por fundo fue aumentada de 4 hectáreas, el costo de oportunidad señala que el capital invertido en Abril podría dar 71 por ciento de ingresos por año.
6. En la situación V donde las restricciones de capital y tierra fueron puestas en descanso, la restricción de agua llegó a ser crítica en otros meses y determinó un nuevo plan de cultivos para el fundo.

Arroyo et al (1), en un ensayo de programación lineal a nivel regional en Maule Norte (Chile), utilizaron la metodología siguiente:

La superficie total agrícola es de 272037 ha y las hectáreas de riego son 111465. La superficie bajo cultivo es de 60987 ha y su distribución porcentual es la siguiente: trigo (Triticum sativum) 38,8%; arroz (Oryza sativa) 17,7%; frijoles (Phaseolus vulgaris) 12,4%; viñas (Vitis spp) 10,0%; maravilla (Helianthus annuus) 6,7%; papas (Solanum tuberosum) 5% y remolacha (Beta vulgaris) 2%.

Para la realización de este ensayo de programación regional, ellos consideraron las siguientes restricciones:

1. La superficie y calidad de los suelos se ha clasificado en cuatro estratos de tenencia, los cuales se han obtenido según la cantidad de hectáreas básicas⁺ que poseen los agricultores considerando a la vez el trabajo familiar que proporcionan: subfamiliar y familiar con un rango entre 0,1 a 19,9 ha; mul-

+ Tabla de transformación de hectáreas básicas del proyecto de ley de Reforma Agraria.

tifamiliar grande entre 80 a 319,9 ha y gran propiedad entre 320 ha a más.

En cuanto al uso del suelo, éste se clasificó por estrato de tenencia en tres capacidades de uso a saber:

R_1 = Clase 1 y 2 de riego

R_2 = Clase 3 y 4 de riego

R_3 = Clase 1 y 4 de secano

2. Mano de obra. Para el cálculo del número de jornales de mano de obra en el año se hizo proyección de la población económicamente activa que trabajó en la agricultura en el año 1960.

Al mismo tiempo basado en las necesidades mensuales por cultivo de mano de obra, se incluyó ésta como restricción común a todos los estratos en los meses de enero y marzo, por ser éstos los que se estimaron como la época de más demanda de empleo agrícola.

3. Capital de operación. Se utilizó el promedio de costos variables por hectárea básica y se obtuvo así el total de capital de operación de cada estrato multiplicando su total de hectáreas básicas por el promedio de costos variables por hectárea básica.

Las restricciones de carácter técnico corresponden a ciertos limitantes en la producción física, dadas por factores de mercado, abastecimientos de insumo, suelos, o bien de capacidad limitada de producción en un tiempo determinado.

Dentro de las actividades se han considerado algunas de las posibilidades de producción en el área, tanto agrícolas como pecuarias. Además se incluyen como actividades en los diferentes programas, las contrataciones de aquellos productos que limitan la producción, ya sea de mano de obra o capital de operación. Los coeficientes insumo/producto se obtuvieron en su mayor parte del estudio de "CORFO", "Insumos físicos en la agricultura" y de otras fuentes.

4. Rendimientos. Los rendimientos se diferencian según los estratos de tenencia para los distintos cultivos en base a la encuesta antes mencionada. Con estos datos se hizo la diferenciación de Entrada Bruta de cada cultivo en los diferentes estratos.

5. Precios. Precios promedios para los últimos seis años deflactados a E^o de 1964 (año de la encuesta). En cuanto a los insumos son los precios del año, como para la mano de obra el salario mínimo agrícola para la zona en 1964.

Esta programación a nivel regional tenía al iniciarse un carácter experimental. Por lo tanto, la elección de restricciones y actividades estuvo sometida a un proceso de ensayos y errores, a partir de una matriz inicial.

Los resultados del programa óptimo obtenido a partir de la matriz no fueron tan buenos como se esperaba. Por ejemplo, una cantidad considerable de tierra quedó ociosa. Esto obligó en programas sucesivos a agregar nuevas actividades, pecuarias, contratación de capital, contratación de mano de obra, etc., y a introducir también

ciertas restricciones para mantener dentro de límites razonables, dadas las condiciones de mercado y las características agrícolas de la zona, la inclusión en proporción excesiva de actividades de mayor retorno dentro de los planes óptimos.

Zubiaga (29), en su trabajo sobre cálculo de la explotación agrícola con beneficio máximo. Ontinar de Salz (España), sigue la siguiente metodología: Determinar un programa (conjunto de actividades) compatible con los recursos disponibles.

Dicho programa se lleva a la ecuación de beneficio. Se aplica la ecuación de criterio para determinar si una actividad que no estaba en el plan puede ser incluida y se aumentan con ellos los beneficios. Si es así, la actividad se introducirá en el programa tanto como lo permitan los recursos disponibles. Se repite el procedimiento completo hasta que la ecuación de criterio indica que un nuevo plan no incrementará el beneficio.

Este trabajo se hizo en una colonia agrícola, con 73 colonos y 1028 ha. Para cada explotación se hizo el cálculo en base a riego y secano. La mano de obra disponible es: mujeres 0,37 UTH, hombres 1,53 UTH que suman 1,9 UTH.

En las encuestas la mayoría de los agricultores se manifestaron satisfechos de la mano de obra disponible. Esto es normal si se considera que la superficie media es 12,18 hectáreas y UTH media igual a 1,9 hectáreas. Esto hace 6,41 ha/UTH; sin embargo, se determinó que hay épocas en que los cultivos compiten en mano de obra, de manera que necesitan más de la disponible. Estos meses constituyen un recurso limitado y son concluidos como recursos en la matriz, éstos son:

mayo, agosto y setiembre. Se determinó otras características como: tracción, maquinaria y espacio para ganado.

Se consideró capital circulante y capital para inversión, como capital disponible: éste se calcula a partir de los resultados de la explotación en la forma que sigue, producción agraria de la explotación es igual a ingresos monetarios más servicios, a estas actividades se les restó: gastos de fuera del sector agrario, adquisiciones más servicios, gastos de capital, amortizaciones más reparaciones, más seguros, más impuesto, contribuciones y mano de obra asalariada. De estas operaciones resultó disponibilidades familiares, con este capital se tendrá que hacer frente al gasto del año. Los márgenes brutos se obtuvieron para cada actividad restando de los ingresos brutos los costos especiales.

Para el cálculo de los coeficientes, tanto de mano de obra, como para disponibilidades mensuales de capital, se hizo por medio de balances acumulativos,

Este trabajo consideró tres planes cuyos márgenes brutos fueron:

<u>Plan I</u>	<u>Plan II</u>	<u>Plan III</u>
244413 pts	252652 pts	322801 pts

A estos valores se les restó los costos generales (gastos familiares, seguro de enfermedad, pago de gas-oil, pago fijo al I.N.C. y amortizaciones) y dio como resultado, el rendimiento propio de la

explotación para los tres planes:

<u>Plan I</u>	<u>Plan II</u>	<u>Plan III</u>
172131 pts	165804 pts	241799 pts

La mano de obra del plan I, tiene una situación de trabajo relativamente equilibrada. En los cuatro primeros meses del año, sólo ocupa el 30% de la mano de obra disponible, en los meses de julio y octubre, el 50% y en los meses restantes se ocupa toda la mano de obra de la explotación, habiendo incluso en los meses de junio, noviembre y diciembre, un pequeño déficit.

En cuanto al capital se observó que sólo en el mes de setiembre fue completamente utilizado, en el resto de los meses hubo exceso de capital. El recurso tierra fue totalmente utilizado en superficie de regadío de calidad media, superficie de regadío de calidad inferior, y superficie de secano. Los planes II y III no se comentaron por considerarse de poco interés práctico para la zona.

3. METODOLOGIA

La localización del área de estudio puede verse en el Mapa 1. Está situada en la provincia de Cartago, Costa Rica, al Sur del Distrito de Juan Viñas, y a 30 kilómetros de la ciudad de Turrialba, sobre carretera a Atirro, a orillas del río Reventazón, sobre una terraza aluvial, cuyos principales cultivos son: café, caña y peji-baye. La zona en estudio consta de una población aproximada de 2360 habitantes (23).

3.1 Medio físico-biológico

3.1.1 Características climáticas.

El clima de la zona es de bosque premontano tropical muy húmedo (15), con altitudes que van de 700 msnm a 1800 msnm (Mapa 5), precipitación entre 2000 mm a 4500 mm (Mapa 4).

3.1.2 Características edáficas.

El área escogida para el estudio consta de 2343 manzanas de extensión, de éstas se excluyeron los suelos clase VII (381 manzanas) por considerarse inaptos para la agricultura tradicional de la zona, de esta manera el área efectiva para el estudio quedó constituida por 1962 manzanas disponibles, que incluyen suelos para las siguientes clases (16).

Clase I. Sin prácticas especiales.

A esta clase de suelos pertenecen los llamados suelos Reventazón, franco (Rf), aluviales no diferenciados bien drenados (A) y suelos Tucurrique. Estos suelos reúnen las mejores condiciones para los cultivos, es decir, topografía apropiada,

buen drenaje, erosión imperceptible, libre de inundaciones y afloramientos rocosos, con excepción de ciertas áreas de los suelos Tucurrique. En estos suelos el manto freático es profundo.

Pueden ser cultivados sin peligro de pérdidas por limitaciones edáficas y en forma permanente a veces aplicando prácticas sencillas de conservación de suelos. Retienen y proporcionan suficiente humedad y contienen una cantidad adecuada de **nutrientes**. Posiblemente, los suelos de esta clase son los que dan frecuentemente los mayores rendimientos por cultivos.

Clase III. Con prácticas intensivas.

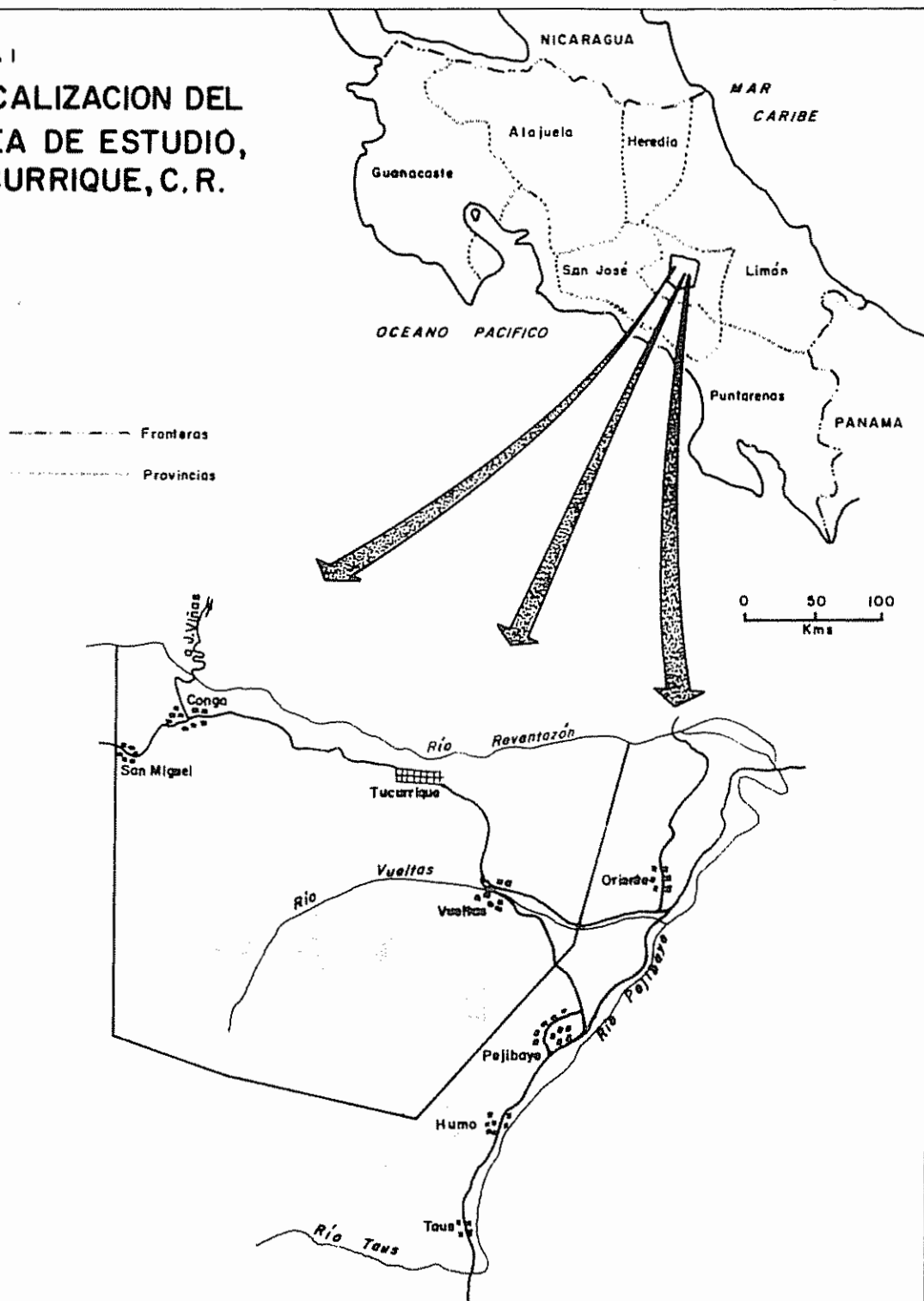
Comprende esta clase los suelos aluviales no diferenciados, imperfectamente drenados con pendientes suaves; su principal limitación es el drenaje, requieren por lo tanto prácticas intensivas y cuidadosas para mejorarlos y mantenerlos bajo cultivo permanente.

A esta clase también pertenecen los suelos "La Isla" (Reventazón franco arenoso) cuyas características de inundaciones frecuentes y piedras a 60 cm de profundidad son sus principales limitaciones.

Clase IV. Con prácticas intensivas de conservación de suelos.

Los suelos de esta clase se conocen con el nombre de "Las Vueltas" (VI), con pendientes de 10 a 30%. La erosión es moderada y la fertilidad es pobre en algunos elementos, por lo tanto, las principales prácticas necesarias son: control de la erosión, remoción de piedras y otros obstáculos y corrección de

MAPA I
LOCALIZACION DEL
AREA DE ESTUDIO,
TUCURRIQUE, C. R.



la baja fertilidad por medio de fertilizantes.

En esta clase se incluyen también: coluviales no diferenciados con pendientes de 5 a 10%, siendo éstos bien drenados y con poca diferenciación de horizontes.

Clase VI. Su uso es limitado con prácticas intensivas.

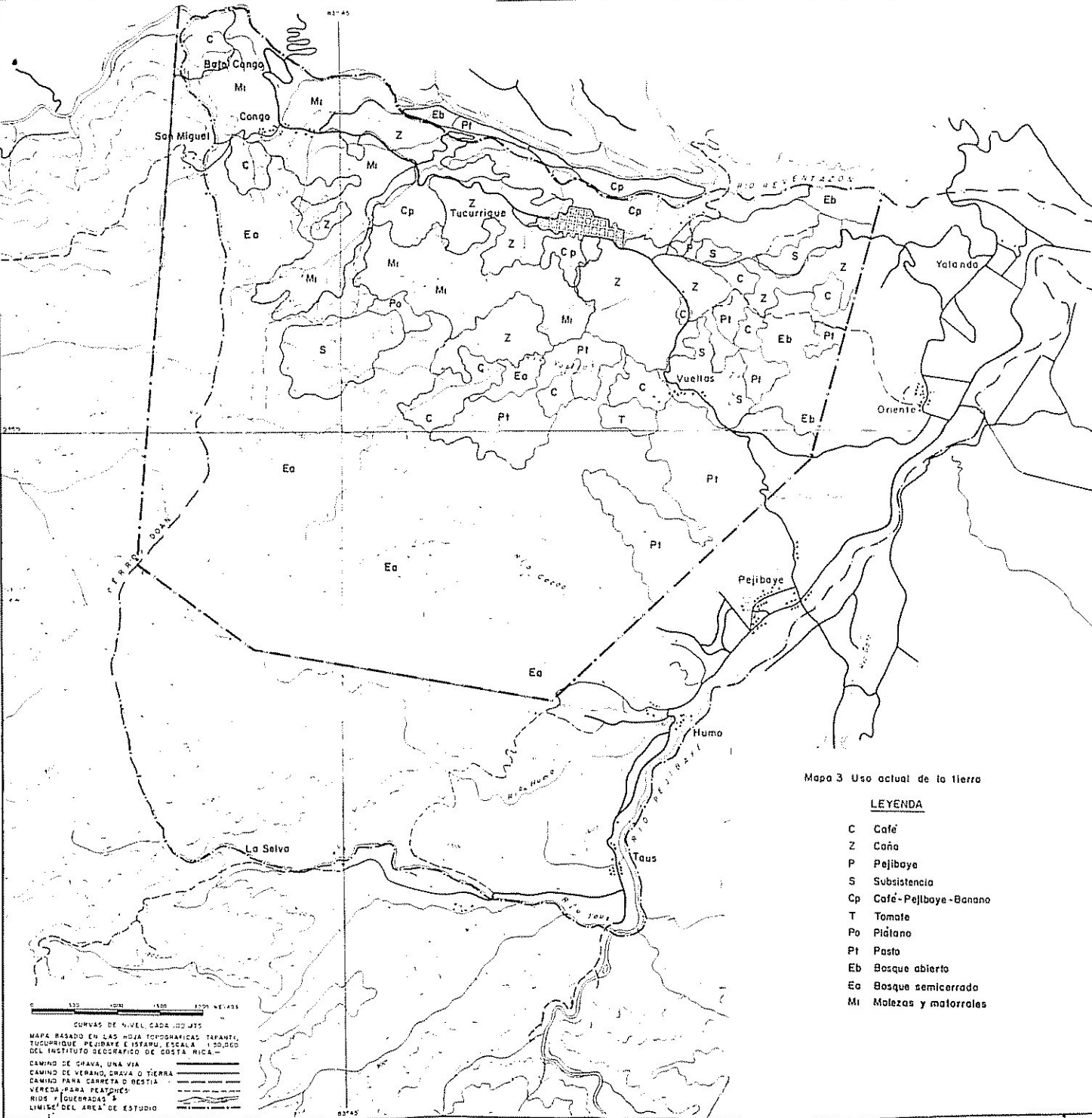
Estos suelos se conocen como "Las Vueltas" (V2), generalmente son suelos quebrados y ondulados con pendientes entre 30 y 70%. Su uso es limitado a pastos y algunos cultivos especiales con rendimientos moderados. Debido a su fuerte pendiente tienen erosión severa y pedregocidad que limitan cualquier cultivo normal.

3.2 Uso actual de la tierra

El procedimiento para calcular el uso actual de la tierra, se llevó a cabo por medio del siguiente proceso: para cada uno de los cultivos considerados, se calculó el área utilizada de acuerdo con cuatro fuentes: estudio socioeconómico, muestreo estratificado (técnica adoptada en esta investigación), fotointerpretación, experiencia personal del autor y orientación directa por parte de los agricultores. Al comparar los resultados en cada uno de los cálculos anteriores a través de la experiencia personal del autor, se seleccionó el valor más ajustado a la realidad.

El Mapa 3 uso actual de la tierra fue hecho con base en fotos aéreas, escala 1:20.000, las unidades fotointerpretadas fueron chequeadas directamente en el campo, observándose pocos cambios debido a que las fotos son bastante recientes (1969).

Con el propósito de observar la adaptabilidad ecológica de cada



Mapa 3 Uso actual de la tierra

LEYENDA

- C Café
- Z Caño
- P Pejibayo
- S Subsistencia
- Cp Café-Pejibayo-Banano
- T Tomate
- Po Plátano
- Pt Pasta
- Eb Bosque abierto
- Ea Bosque semicerrado
- Mi Molezas y matorrales

CURVAS DE NIVEL CADA 100 METROS
 MAPA BASADO EN LAS HOJAS TOPOGRAFICAS 12PANTO,
 TUCURRIQUE PEJIBAYO E ISFAPU, ESCALA 1:20,000
 DEL INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA.
 CAMINO DE GRANA, UNA VIA
 CAMINO PARA CARRETA O BESTIA
 VEREDA PARA PEATONES
 RIOS Y QUEBRADAS
 LIMITE DEL AREA DE ESTUDIO

uno de los cultivos seleccionados como actividades reales a la zona, a continuación se describen estas características:

a. Café (Coffea spp).

Cabe hacer énfasis que las diversas modalidades del cultivo que existen en la zona fueron cartografiadas de la misma manera, ejemplo: consombra corriente de plátano (Musa spp), banano (Musa spp), pejibaye (Guillielma gasipaes HBK), o guaba (Inga spp).

Según Peñaherrera (17), de acuerdo con importantes autoridades sobre la materia, establece rangos a niveles, indicados de los diferentes grados de condiciones ecológicas para el cultivo del café (Coffea spp).

Cuadro 1. Requerimientos ecológicos del cultivo del café

Rangos	Temperatura °C	Precipitac. mm/año	Suelos
Optimo	19 - 23	1500 - 2000	Clase I
Con tendencia al déficit	17 - 19	1000 - 1500	Clase III
Con tendencia al exceso	23 - 25	2000 - 3000	Clase IV

Según el manual de cafeteros colombianos (10), la altura para el café varía de 1000 a 2000 msnm. Suelos profundos sueltos y bien drenados (13).

Con relación a los requerimientos ecológicos de este cultivo y las características de la zona, es recomendable la siembra del café en Tucurrique (17).

b. Caña de azúcar (Saccharum spp)

Con poca variación de precios a través del año existen dos modalidades de elaboración; fabricación de azúcar cuya producción es vendida a los ingenios próximos a la zona, principalmente Ingenio Atirro; fabricación de panela cuyos productores en su mayoría tienen trapiches y ellos mismos elaboran su producción.

Cuadro 2. Requerimientos ecológicos del cultivo de la caña de azúcar (18)

Parámetros	Límites establecidos		
	1: óptimos	2: mínimo (con tendencia al déficit)	3: máximo (con tendencia al exceso)
Temperatura en °C	22 - 25	19	28
Precipitación (mm)	1500 - 2500	1000	3000
Suelos (clases)	I = sin limitaciones	III. Limitaciones moderadas en pendientes drenaje o profundidad.	IV= Limitaciones erosión moderada, fertilidad y pendiente.

c. Pejibaye (Guilielma gasipaes HBK)

Debido a las pocas prácticas agrícolas que requiere a través de su ciclo productivo (poco gasto de insumos) y a su adaptabilidad ecológica, es uno de los cultivos con gran margen de

uso potencial. Los precios de mercado para este cultivo tienen cierta variabilidad a través del año, relativamente mayor que para el café (Coffea spp) y caña de azúcar (Saccharum spp), cuya estabilidad en cuanto a precios es mayor.

Actualmente el pejibaye es usado como producto principal en la subsistencia de muchas fincas en la América Central y del Sur y se consideran los mejores sitios en Costa Rica para este cultivo, como: las terrazas del río Reventazón, San Carlos y el General, requiere suelos jóvenes, limosos y aluviales (21). El cuadro siguiente contiene los requerimientos edáficos (16), términos (Mapa 5), e híbridos (Mapa 4), para este cultivo.

Cuadro 3. Requerimientos ecológicos para el cultivo del pejibaye (19, 26).

Rangos	Temperatura °C	Precipitación mm/año	Suelos
Optimo	21 - 25	2500 - 3500	I, III, IV
Con tendencia al déficit	18 - 21	2000 - 2500	-----
Con tendencia al exceso	25 - 30	3500 - 4500	VI

d. Banano y plátano (Musa spp)

La característica principal de estos cultivos en la zona, es el uso que se les da como sombra del café, por lo tanto se pu-

do observar que las labores principales hechas al café tienden a afectar favorablemente el desarrollo de estos cultivos.

Como planta natural de zonas tropicales y subtropicales, exige para su pleno desarrollo y buena fructificación, un clima caliente, húmedo, sin grandes variaciones de temperatura, y exento de heladas. Es importante asegurarles humedad, temperaturas medias favorables y protección a los vientos, ya que la sequía, el frío y las tormentas le son muy perjudiciales (7).

Según (20) el banano vegeta hasta los 2000 m y fructifica hasta los 1500 m pero no conviene cultivarlo económicamente a más de 600 msnm. Gajón Sánchez (11), recomienda su cultivo hasta los 800 msnm. En Jamaica se ha comprobado que por cada 100 m de altitud, se alarga en un mes, el período de floración. Más recientemente, Montagut en Martinica, citado por Champion (8), ha determinado que por diferencia altitudinal de 70 m el período de floración aumentó en 48 días. Los suelos ideales para el cultivo del banano y plátano son los arcillo-silicosos, y ricos en materia orgánica, profundos sueltos y bien drenados. Los suelos arenosos no son recomendables, porque las plantas no arraigan bien y el viento las vuelca.

Los terrenos planos, aluviales que se encuentran en las márgenes de los ríos, generalmente presentan buenas cualidades para las plantaciones de banano y plátano (7). Se considera que un metro de profundidad es suficiente para facilitar el desarrollo radicular y la capa freática debe estar a una profundidad mayor de 80 a 100 cm (8).

En resumen, los requerimientos agroecológicos del plátano y banano para la zona de Tucurrique, son los siguientes (20):

Cuadro 4. Requerimientos ecológicos del plátano y banano.

Rangos	Temperatura °C	Precipitación mm/año	Suelos
Optima	25 - 30	1500 - 2000	Sin limitaciones (I)
Mínima (Con tendencia al déficit)	17	1200	Medianas limitaciones en pendiente y drenaje o profundidad (III, IV)
Máxima (Con tendencia al exceso)	38	3000	Con fuertes limitaciones en pendiente (VI)

De acuerdo con los resultados anteriores, la siembra del banano con fines comerciales, no es recomendable para la zona de Tucurrique. Con respecto al plátano, si existen posibilidades de establecimiento de pequeñas plantaciones, principalmente para suplir el mercado local y centros de población aledaños a la zona.

e. Maíz (Zea mays)

Este es uno de los cultivos cuyo uso se reduce a la sub-

sistencia y su siembra, a áreas marginales.

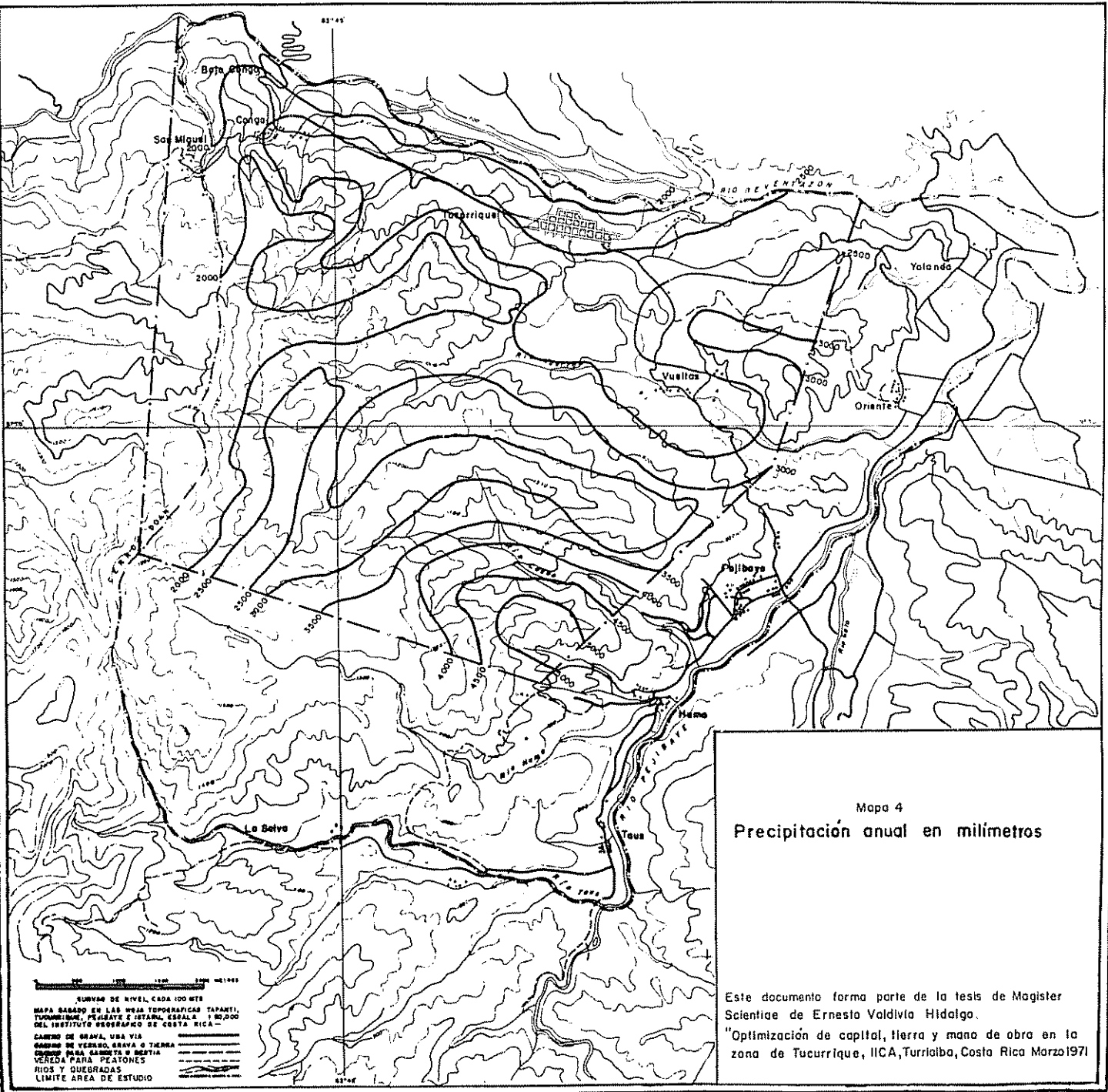
Sus rendimientos son bajos, afectados principalmente por la precipitación y más aún por el régimen continuo de distribución de la lluvia. Sin embargo, según Coen (5), la zona de Tucurrique es apta para el cultivo y se pueden sacar dos cosechas al año.

Las temperaturas medias y la humedad relativa son los factores meteorológicos determinantes en el cultivo del maíz, la temperatura óptima para el desarrollo del maíz es de 24°C (27), en cuanto a la precipitación, requiere alrededor de 2500 mm (5).

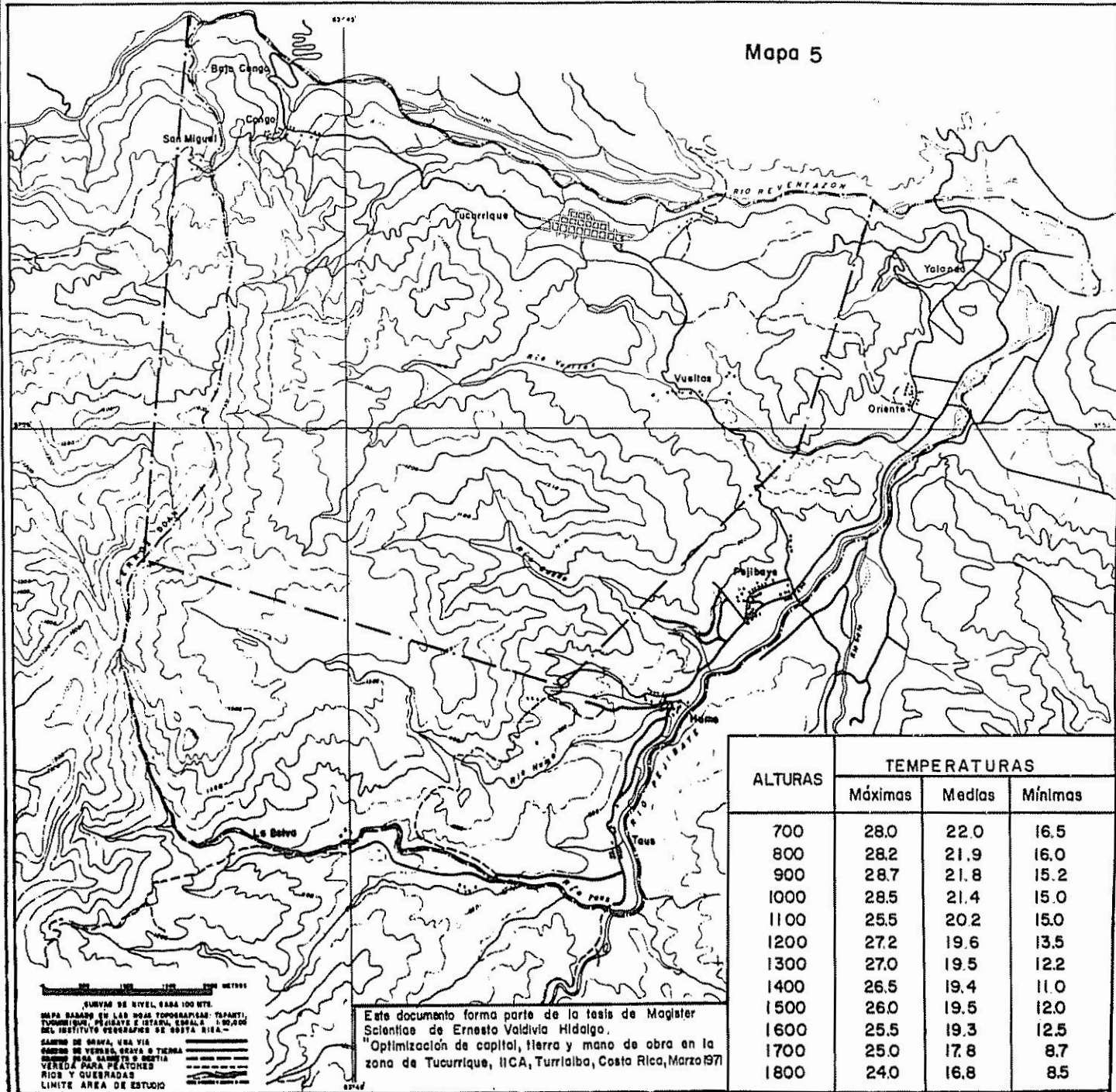
El maíz es extremadamente sensible a la cantidad de lluvia en los 10 días antes y 20 días después de la formación de la borla, siendo la precipitación óptima durante ese mes de 170 mm para Costa Rica (5).

f. El resto de los cultivos considerados en el modelo como restricciones reales, son los siguientes: tomate, chayote, ayote, yuca, los cuales son cultivos hortícolas con un gran margen de adaptabilidad ecológica, y es el grupo de cultivos con mayor variabilidad en precios de mercado durante el año; las áreas sembradas son pequeñas y son cultivos a escala del pequeño agricultor; sin embargo, para precios medios y máximos, resultaron con margen bruto generalmente positivo.

En relación al tomate, la zona no tiene características ecológicas favorables, estando afectada esta actividad principalmente por el exceso y distribución de la precipitación.



Mapa 5



ALTURAS	TEMPERATURAS		
	Máximas	Medias	Mínimas
700	28.0	22.0	16.5
800	28.2	21.9	16.0
900	28.7	21.8	15.2
1000	28.5	21.4	15.0
1100	25.5	20.2	15.0
1200	27.2	19.6	13.5
1300	27.0	19.5	12.2
1400	26.5	19.4	11.0
1500	26.0	19.5	12.0
1600	25.5	19.3	12.5
1700	25.0	17.8	8.7
1800	24.0	16.8	8.5

Este documento forma parte de la tesis de Magister Científica de Ernesto Valdivia Hidalgo, "Optimización de capital, tierra y mano de obra en la zona de Tucurrique, IICA, Turrialba, Costa Rica, Marzo 1971"

ESCALA DE NIVEL, CADA 100 MTS.
 MAPA BASADO EN LOS PLANOS TOPOGRAFICOS TAPANTI, TUCURRIQUE, PUEBLITO E ISABEL, ESCALA 1:50,000 DEL INSTITUTO GEOGRAFICO DE COSTA RICA.
 CAMINO DE ONDA, VEA VIA
 CAMINO DE VEREDA, ONDA O TIERRA
 CAMINO PARA CAMINOS O BORTIA
 VEREDA PARA PEATONES
 RIOS Y QUEBRADAS
 LIMITE AREA DE ESTUDIO

3.3 Medio humano

3.3.1 Definición de la población

Se consideró como unidad muestral el agricultor que llevara a cabo labores agrícolas con cualquier estado de tenencia de la tierra, excluyendo los individuos cuya única actividad fuera servir como peones por considerarse no compatibles con los objetivos de este trabajo. La población total quedó formada por 120 agricultores seleccionados con base en una lista previa elaborada a partir del estudio socioeconómico previamente concluido, además de visitas a personas conocedoras de la zona en diversos lugares de la misma (Tucurrique, Las Vueltas, Sabanillas, San Miguel), quienes dieron información sobre nombres, calidad del agricultor, superficie aproximada de la finca y lugar de residencia de los agricultores; de acuerdo con lo anterior, se procedió a seleccionar dos estratos:

- a. Estrato I, formado por 20 agricultores seleccionados de acuerdo con el uso de insumos y tecnología (características obtenidas del estudio socioeconómico previamente concluido y de visitas directas a la zona).
- b. Estrato II, el resto de la población, 100 agricultores.

3.3.2 Tamaño de la muestra

Para estimar el tamaño de la muestra, originalmente se utilizó el método de muestreo, en dos etapas de Stein (24). Pero debido a la variabilidad del margen bruto que fue la variable escogida para este cálculo, el tamaño de la muestra resultó muy grande.

Por lo tanto, los cálculos fueron concluidos por medio de muestreo estratificado, técnica de afijación de Neyman (4). A través de los cálculos antes mencionados, el tamaño de la muestra para el Estrato I fue $n_1 = 20$ y $n_2 = 30$ para el Estrato II, en total se hicieron 50 entrevistas.

Con la muestra total ya determinada y haciendo uso de la tabla de números aleatorios (28), se procedió a la aleatorización de la muestra para el Estrato II, ya que para el Estrato I se haría un censo. En general el tamaño total de la muestra correspondió al 42% de la población total seleccionada.

El instrumento y la técnica utilizados en la investigación fueron, el cuestionario y la entrevista personal.

3.3.3. Como instrumento del muestreo para la recolección de la información se usó un cuestionario que consta de las siguientes partes:

- a. Inversiones:
 - 1) Edificaciones: Años de vida útil
 - 2) Maquinaria y equipo: Años de vida útil
- b. Determinación de los períodos de trabajo:

Empleo de jornales por mes por actividad por manzana.
- c. Gastos variables:

Insumos y otros gastos.
- d. Comercialización:
 - 1) Superficie sembrada en manzanas
 - 2) Producción total
 - 3) Precio mínimo y máximo de mercado para años 1968, 1969, 1970.

- 4) Valor total de la producción
- 5) Unidades de venta de los productos
- e. Capacidad de crédito, cantidad de dinero que el agricultor aceptaría como crédito para operar su finca eficientemente.
- f. Impuestos.

En el Cuadro 5 del Apéndice se puede observar el procedimiento llevado a cabo a partir de los cuestionarios para la obtención del margen bruto mínimo, medio y máximo por actividad por manzana, así como, el promedio de costos variables por actividad por manzana. El margen bruto para cada cultivo resulta de restar al ingreso los gastos variables por actividad.

En esta investigación los gastos fijos no fueron considerados ya que resultó difícil cuantificar el gasto fijo en las labores agrícolas, derivado de la maquinaria y equipo, debido a que ésta es más una actividad comercial de acarreo, que agrícola, por lo tanto, el margen bruto total que se obtuvo como resultado para cada programa será la remuneración al trabajo del empresario, costo de capital y gastos fijos.

Los márgenes brutos mínimos por actividad fueron eliminados de los cálculos de la programación por el hecho de resultar negativos para la mayoría de las actividades ya que en esta forma, de antemano se sabía la inconveniencia de forzar el programa en estas condiciones. (Para mejor comprensión en el proceso de la obtención de los márgenes brutos para cada actividad ver el Cuadro en referencia). Los jornales por cultivo por manzana se

obtuvieron dividiendo la suma total de jornales por actividad por el número total de manzanas. Estos márgenes brutos por manzana ya en el modelo, formaron el vector traspuesto C^*j (ver Apéndice).

Los jornales totales se obtuvieron del estudio socioeconómico previamente hecho en la zona, se obtuvo el número total de jornales en la zona (1 jornal = 7 horas de trabajo), a través de la definición UTH (unidad trabajador hombre); el trabajador hombre o mujer de dieciocho a sesenta años de edad, que aporta 300 días de trabajo por año. Un trabajador joven se contará por algo menos, 0,7 a 0,9 UTH (9).

Considerando que en esta zona los agricultores trabajan 300 días aproximadamente en el año, para este cálculo se siguió el procedimiento expresado en el siguiente Cuadro 5.

Cuadro 5. Cálculo de jornales totales según edad y sexo

Rango (años)	15-17	UTH	18-59	UTH	6-70	UTH
Masculino	15	0,5	98	1	13	0,5
Femenino	11	0,25	87	0,25	-	-

- A. Para 1 UTH = 98 agricultores
- B. para 0,25 UTH = 22 agricultores
- C. para 0,5 UTH = 14 "
- D. para 0,25 UTH = 3 "

Total: 137 UTH equivale al 33,6% de

la población, el 100% equivale a 408 UTH/año o 408 hombres día año que multiplicado por el número de días hábiles de trabajo por mes y por año, da la disponibilidad de jornales en la zona mensual y anual.

3.4 Método de análisis

a. Análisis armónico

El estudio del comportamiento del trabajo a través del año, se hizo por medio de un análisis armónico basado en la serie de Fourier (6, 25). Este análisis se hizo con el propósito de observar el transcurso de la mano de obra en los dos estratos, a través de los meses del año y en esta forma determinar las épocas críticas en cuanto al uso de este factor, y poder comparar con los resultados computacionales; de esta manera se verá la coincidencia o similitud entre la situación real dada por el análisis armónico y la optimización dada por la programación lineal, la expresión simbólica de esta serie es la siguiente:

$$X_i = \bar{X} + \sum_{i=1}^{N/2} \left[A_i \operatorname{Sen}\left(\frac{360^\circ}{P} it\right) + B_i \operatorname{Cos}\left(\frac{360^\circ}{P} it\right) \right]$$

donde:

- X_i = Jornales en un determinado mes del año
- \bar{X} = Jornales promedio anual
- i = Número del armónico ($1 \leq i \leq N/2$)
- P = Período fundamental, o total de la función periódica (12 meses)
- N = Número de observaciones hechas a través del ciclo

t = Unidad de tiempo (1, 2, 3..... 12)

A_i y B_i = Ángulo de fase para cada amplitud, en la función periódica.

Los coeficientes A_i , B_i se determinan por el método de mínimos cuadrados:

$$\underline{b} = [X' X]^{-1} X' \underline{Y}$$

donde:

\underline{b} = Vector cuyos componentes son: A_i y B_i

X = Modelo matriz

\underline{Y} = Vector que indica los jornales mensuales observados

$[X' X]^{-1}$ = Matriz diagonal

En esta forma se calcularon los parámetros A_i y B_i a continuación se llevó a cabo el cálculo de las amplitudes y la contribución de cada armónico a la variancia total (S²)

$$C_i = \sqrt{A_i^2 + B_i^2}$$

donde:

C_i = Amplitud del armónico i

$\frac{C_i^2}{2}$ = Contribución del armónico i a la variancia total, con excepción del último armónico que es C_i².

la contribución de cada armónico a la variancia total se expresó como porcentaje de ésta

$$\left(\frac{C_i^2}{2S^2} \cdot 100 \right)$$

Para calcular el tiempo al que ocurre un máximo dentro del período fundamental se emplea la siguiente fórmula:

$$t_i = \frac{P}{360_i} \cdot \text{arctag}(A_i/B_i)$$

donde:

t_i = tiempo al cual el armónico i presenta un máximo

b. Programación lineal

El método de programación lineal ha sido aplicado en esta investigación para determinar el máximo beneficio dado por las diferentes situaciones. Según Heady (14), esta técnica tiene muchos posibles usos y permite considerar una serie de alternativas o posibles combinaciones de acuerdo con las restricciones consideradas.

Este proceso consiste en la expresión matemática del problema a solucionar; dados los recursos tierra, capital y trabajo; a través del modelo se pretende el plan que optimizará la combinación de recursos antes mencionados; hay tres sistemas que plantean esta situación.

a) Ecuación de beneficio

Es la relación matemática que expresa la magnitud obtenida del producto del margen bruto por actividad por

el número de manzanas dadas a través de la optimización. En este trabajo: R_j = Superficie optimizada; C_j = margen bruto unitario, de donde para optimizar el beneficio será necesario maximizar z_0 a través del siguiente proceso.

b) Establecimiento del modelo.

$$z_0 = R_j C_j = R_1 C_1 + R_2 C_2 + R_3 C_3 \dots R_n C_n$$

Siempre que se cumplan las siguientes desigualdades:

$$\begin{array}{r}
 R_1 A_1 + R_2 B_1 + R_3 C_1 + \dots + R_6 F_1 \leq G_1 \\
 R_1 A_2 + R_2 B_2 + R_3 C_2 + \dots + R_6 F_2 \leq G_2 \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \quad \cdot \\
 R_1 A_{10} + R_2 B_{10} + R_3 C_{10} \cdot \quad \quad \quad + R_6 F_{10} \leq G_{10} \\
 R_1 A_{11} + R_2 B_{11} + R_3 C_{11} \quad \quad \quad + R_6 F_{11} \leq G_{11}
 \end{array}$$

Para convertir estas desigualdades en igualdades que faciliten el cálculo introducimos las actividades disponibles. Para cada uno de los recursos se introduce una de estas actividades, para que permita el no empleo del total de recursos, al mismo tiempo que queda convertida la desigualdad en igualdad.

c) Igualdad de modelo.

Actividades disponibles

Actividades reales

$R_7 H_1 + \dots + R_{17} Q_1$	+	$R_1 A_1 + R_2 B_1 + \dots + R_6 F_1 = G_1$
$R_7 H_2 + \dots + R_{17} Q_2$	+	$R_1 A_2 + R_2 B_2 + \dots + R_6 F_2 = G_2$
\dots	+	\dots
\dots	+	\dots
\dots	+	\dots
\dots	+	\dots
$R_7 H_{10} + \dots + R_{17} Q_{10}$	+	$R_1 A_{10} + R_2 B_{10} + \dots + R_6 F_{10} = G_{10}$
$R_7 H_{11} + \dots + R_{17} Q_{11}$	+	$R_1 A_{11} + R_2 B_{11} + \dots + R_6 F_{11} = G_{11}$