

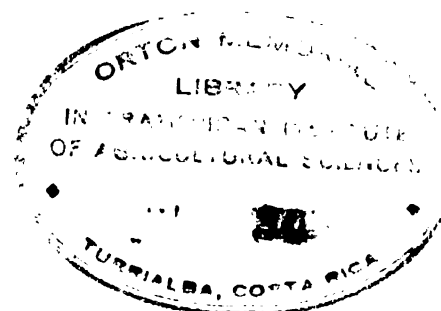
**VALOR COMPARATIVO DE LAS HOJAS DE BANANO, PUNTAS DE CAÑA DE  
AZUCAR Y PASTO ELEFANTE PARA PRODUCCION DE LECHE**

**Por**

**Hernán García Llosa**

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS  
TURRIALBA, COSTA RICA**

**Setiembre, 1950**



VALOR COMPARATIVO DE LAS HOJAS DE BANANO, PUNTAS DE CAÑA DE  
AZUCAR Y PASTO ELEFANTE PARA PRODUCCION DE LECHE

T E S I S

Presentada a la Facultad, como requisito parcial  
para obtener el grado de:

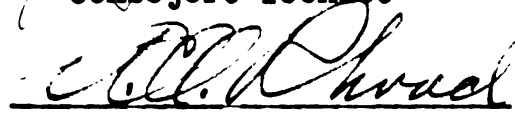
Magister Agriculturae


en el

INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS

APROBADA:

  
Consejero Técnico





Fecha: \_\_\_\_\_

## BIOGRAFIA DEL AUTOR

Hernán García Llosa nació en la ciudad de Arequipa, República del Perú, el 11 de Abril de 1928. Cursó sus estudios secundarios en el Colegio Champagnat de Miraflores, Lima y estudios profesionales en la Escuela Nacional de Agricultura del Perú de 1945 a 1947. Becado por el Gobierno del Perú y el Colorado Agricultural and Mechanical College de Fort Collins, Estado de Colorado, Estados Unidos de América, continuó sus estudios en esta Universidad donde obtuvo grado de Bachelor of Science in Animal Husbandry en junio de 1949. Ingresó como Estudiante Graduado Asistente en el Departamento de Industria Animal del Instituto Inter-Americano de Ciencias Agrícolas, Turrialba Costa Rica, en Octubre de 1949.

## AGRADECIMIENTO

El autor desea expresar su más sincero agradecimiento al Dr. Jorge de Alba por su valiosísima ayuda en el planeamiento de este trabajo y por sus numerosos consejos e insinuaciones que hicieron posible la realización de este proyecto. A Mr. Albert O. Rhoad, Jefe del Departamento de Industria Animal y al Dr. Ralph Allee, Director del Instituto, por las atenciones recibidas y por haber brindado al autor la oportunidad de seguir estudios de especialización en esta Institución.

Especial mención debo hacer del Ing. Humberto Rosado por su valiosa cooperación en el planeamiento de los análisis estadísticos, del Sr. Carlos Bernard por su ayuda en la preparación de los gráficos y del Sr. Donald Fiester por el material fotográfico.

Dedico este trabajo a mis padres, A.G.U. y J.LL. de G.U.

## TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
I INTRODUCCION	
Importancia del problema	1
II REVISION DE LITERATURA	
A. NUTRICION ANIMAL EN LOS TROPICOS	
1. Valor alimenticio de pastos y leguminosas	6
2. Valor alimenticio de los concentrados en el trópico	16
3. Valor alimenticio de frutas (y subproductos) y tubérculos	19
4. Tabulación de datos experimentales sobre la composición y digestibilidad de forrajes bajo nuestro estudio	24
5. Discusión de la influencia de las condiciones tropicales sobre los conceptos aceptados de consumo "standard" de alimentos y normas de alimentación para animales domésticos	27
B. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA ESTUDIOS CON GANADO LECHERO	30
1. Sistema "continuo"	31
2. Sistema "alternado"	31
3. Sistema "continuo-alternado"	32
4. Métodos de "reversión" de Brandt	32
5. Método de "doble cambio (double change over)". (Este diseño se usó en el presente estudio)	36
III MATERIAL Y METODO EXPERIMENTAL	
A. DISEÑO EXPERIMENTAL	40
B. CLASE DE GANANDO USADO	
1. Selección y agrupación	41
2. Control de producción y peso de las vacas	43
C. ALIMENTOS ESTUDIADOS	44

<b>IV</b>	<b>RESULTADOS</b>	
	A. Analisis de variancia de producción total de leche corregida. Consideraciones sobre el "efecto residual"	47
	B. Analisis de variancia de producción total de grasa butirometrica	54
	C. Analisis de variancia de porcentaje de grasa butirométrica en la leche	58
	D. Analisis de variancia de consumo total de materia seca	59
	E. Consumo total y promedio de forrajes frescos y materia seca	62
	F. Analisis de variancia del peso vivo de los animales	63
	G. Aspecto económico	65
<b>V</b>	<b>DISCUSION</b>	66
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	73
<b>VII</b>	<b>SUMARIO</b>	76
	<b>SUMMARY AND CONCLUSIONS</b>	79
	<b>APENDICE</b>	82
	<b>LITERATURA CITADA</b>	88

I. INTRODUCCION



### Importancia del Problema

Entre los variados problemas que detienen el progreso de la industria ganadera en las regiones tropicales del mundo, indudablemente las deficiencias en la alimentación animal ocupan un lugar preponderante. Del progreso que se realice en el campo de la nutrición animal en los trópicos, dependerá en parte el éxito hacia el ideal de desarrollar animales domésticos que unan a su resistencia a climas desfavorables una alta capacidad productiva.

Si el genetista contribuye al mejoramiento de los animales con el planeamiento y dirección de programas de cruzamientos que llevarán hacia la obtención de animales superiores, el técnico en nutrición debe trabajar paralelamente para evitar que el problema de la nutrición sea un factor limitante en la libre expresión de la capacidad inherente de aquellos animales. Unidos ambos para lograr un objetivo, estarán, indirectamente, contribuyendo en las regiones tropicales, a la solución de otro problema aún más grande, que es el mejoramiento de la deficiente dieta a que está sometida la mayoría de la población que vive en los trópicos.

En las zonas tropicales mucho camino hay aún que recorrer en la investigación de las posibles fuentes

de alimentos para enriquecer tanto la dieta humana como las raciones de los animales. Principalmente en el caso de la vaca lechera que es la más eficiente transformadora de alimentos toscos en productos alimenticios para el hombre.

Un extenso y detallado estudio de la composición, digestibilidad y consumo de los alimentos para ganado que más comunmente se encuentran en el trópico, será un paso esencial a seguir para luego poder dictar nuestras propias normas de alimentación, que al igual de las ya clásicas que se usan en zonas de climas templados, nos ayuden a balancear las raciones para el ganado con el objeto de conseguir máxima eficiencia y bajo costo de mantenimiento. Es así como el dilema de la influencia de las condiciones tropicales sobre los conceptos aceptados de consumo "standard" de alimentos y norma de alimentación, podría encontrar solución.

La variación de las condiciones climatéricas de los trópicos en lo referente a precipitación atmosférica, humedad y temperatura dan origen a regiones de características bien definidas y distintas unas de otras, que a su vez presentan problemas alimenticios distintos.

En las regiones que L. R. Holdridge (30) llama "foresta subtropical extra húmeda"<sup>1/</sup> (Sub-tropical wet forest),

---

1/ Precipitación anual: 2.000-4.000 mm.; temperatura media: menor de 24 C.

que incluyen buena parte de los trópicos del mundo, las condiciones que en ellas prevalecen de precipitación atmosférica, y temperatura más o menos uniforme, nos harían pensar que disponemos de medios favorables para la obtención de alimentos frescos para el ganado; la ausencia de una estación seca definida nos aseguraría la provisión de forrajes tiernos todo el año. Si esto es efectivo en parte, debemos recordar también los problemas que se derivan al respecto. El crecimiento exuberante, y las características invasoras de las especies que predominan en estas regiones, hacen de las tareas de mantenimiento de buenos pastizales una labor ardua, constante y muy costosa. Si esta atención no es efectiva y continua, las especies de plantas indeseables y de poco valor alimenticio desplazarán rápidamente los pastos valiosos. Una agricultura intensiva dirigida hacia la formación de buenos pastizales bajo un sistema estricto de rotación y el cultivo de pastos de "corte," ayudará al ganadero de estas regiones a proveer a su ganado con alimentos suficientes.

Otras regiones del trópico las clasifica Holdridge (30) bajo el título de "foresta seca tropical" (Tropical dry forest), donde la precipitación atmosférica anual es de 1,000 a 2.000 mm. y la temperatura media es superior a 24 C. En estas zonas el problema de nutrición animal tiene su origen en las prolongadas sequías que se presentan

durante cierta época del año, con duración, en algunos casos, de hasta seis meses o más. Los pastos durante la estación lluviosa alcanzan gran desarrollo y los animales no pueden consumirlos en su totalidad, sucediendo que estos al alcanzar su completa madurez y al acercarse la estación seca, se vuelven leñosos y poco aceptados por el ganado, faltando así forrajes verdes y tiernos durante esta larga estación. En estos casos, los procesos de conservación de forrajes en la forma de ensilaje o heno serán prácticas muy aconsejables para mantener al ganado en buena condición hasta la llegada de las lluvias, y con ellas vendrá el nuevo brote en los pastizales. Estas prácticas deberán reemplazar a la antigua costumbre de la "quema" de pastizales que produce un empobrecimiento gradual de los suelos. El desarrollo de sistemas de riego para el establecimiento y cultivo de plantas durante el verano, es posible en estas regiones donde por lo general hay grandes oportunidades para obtener agua del subsuelo por medio de molinos de viento. De este modo se solucionaría también el problema de los "aguajes" para el ganado.

Es así como la ganadería en los trópicos tropieza con problemas tan variados en regiones que en algunos casos no están muy distantes unas de otras.

El número de estudios comparativos sobre el valor alimenticio de los forrajes tropicales es sumamente reducido. Es por esta razón que este trabajo se llevó a cabo para

estudiar el valor nutritivo de tres de los más comunes como son el pasto Elefante, llamado también Napier (*Pennisetum purpureum*), las hojas de banano<sup>1/</sup> (*Musa sapientum*) y las puntas de caña de azúcar<sup>2/</sup> (*Saccharum officinarum*), llamadas comúnmente "cogollo." Existían teorías locales sobre las cualidades alimenticias de cada uno de ellos. Estas teorías basadas solamente en observaciones empíricas podrían estar equivocadas y entonces sólo podrían ser corroboradas o descartadas llevando a cabo un experimento controlado. La abundancia de las puntas de caña y hojas de banano hacían valioso cualquier estudio que diese luz sobre su valor en la alimentación del ganado. Es así que nos fijamos como objetivo el determinar el efecto de estos tres forrajes en la producción de leche y grasa butirométrica y al mismo tiempo obtener datos sobre el consumo total de los diferentes forrajes bajo estudio, tanto en su forma fresca como en total de materia seca ingerida.

---

1/ En este caso se usó hojas de banano de la variedad conocida localmente como guineo "caribe."

2/ Caña de azúcar, variedad POJ 2878

II REVISION DE LITERATURA

## A. NUTRICION ANIMAL EN LOS TROPICOS

### 1. Valor alimenticio de pastos y leguminosas

En las regiones del mundo donde se produce carne y leche en las condiciones más económicas, el ganado tiene como principal fuente de alimentación los campos de pastoreo. En los países tropicales el desarrollo de la ganadería bajo bases económicas debe también sustentarse principalmente sobre el máximo de aprovechamiento de los pastos y forrajes. Experiencias llevadas a cabo en Ceilán (62), que bien pueden ser aplicadas a la mayoría de las zonas tropicales, muestran que el ganado en esta isla obtiene solamente el 10% de sus requerimientos en nutrimentos, de los cereales y concentrados y que el 90% restante lo debe obtener de los pastizales y forrajes cultivados.

Esto prueba la necesidad impostergable de llevar a cabo investigaciones encaminadas al estudio del mejoramiento de los pastizales en el trópico, sobre lo cual desgraciadamente se conoce muy poco.

En lo referente a alimentación animal se considera, en general, que en las regiones tropicales los pastos más comunes no son bastante buenos para alimentar por sí solos animales de regular capacidad productiva. En el trópico húmedo los pastos tienen un alto contenido de fibra y bajo porcentaje de proteínas; esto crea un problema aún en la estación lluviosa, pues en algunas áreas el desarrollo vegetativo de

los pastos es tan rápido en un lapso relativamente corto, que el ganado se ve imposibilitado a consumir los pastizales antes que estos alcancen su completa madurez y se vuelven leñosos y poco aceptados por él. (14). Si en regiones de climas templados se considera que los buenos pastos cuando en estado tierno pueden llegar a suplir hasta 17% de proteína (base seca) en comparación con sólo un 10% cuando estos pastos están maduros y secos (15), se podrá comprender el bajo contenido en proteínas que tendrán los pastos tropicales cuando alcanzan su completa madurez, si en general se considera que son bastante bajos en proteínas en cualquier estado de crecimiento.

Otra de las desventajas deducidas de las características de alto grado de crecimiento y desarrollo vegetativo de los pastos tropicales, es que facilitan el desarrollo y propagación de malas hierbas (62), motivando que los trabajos de limpieza de potreros y otros esenciales para la mantención de ellos en buenas condiciones sean prácticas muy difíciles de seguir por su alto costo. Esto ha motivado que en el presente se haya generalizado grandemente el uso de pastos de "corte" para la alimentación del ganado, contribuyendo esto al desarrollo de una agricultura más intensiva, que si bien tiene las ventajas de poder obtener mayores rendimientos por unidad de superficie cultivada y a la vez poder mantener más cabezas de ganado por hectárea, tiene costo de producción más alto, no recomendable en



todos los casos (45). Sin embargo, hasta que nuestros campos de pastoreo no hayan sido mejorados suficientemente en calidad y cantidad, este método puede ser el único práctico para suplir un hato de vacas lecheras de alta producción con el número necesario de libras de alimentos, sin tener que recurrir en gran escala al uso de concentrados (45).

En regiones donde se presentan sequías prolongadas el panorama presenta otro aspecto. El ganado tiene que subsistir por varios meses a base de una vegetación leñosa y seca de donde escasamente puede obtener suficientes nutrimentos para mantenerse (48). Es en esta época en la cual el ganado pierde enormemente de peso, escasamente produce leche y sus poderes de reproducción disminuyen, como ha tenido la oportunidad de comprobarlo Rhoad en Brasil (50). Experiencias similares sucedidas en México, cita Jorge De Alba (15) y en donde se intenta aliviar la situación vanamente con el uso de concentrados costosos que no se producen en el lugar.

El principal problema de nutrición será, en este caso, proveer al ganado durante la larga estación seca con alimentos de alto contenido en proteína y bajo porcentaje de fibra que, de ser posible, deberían ser de carácter succulento (25). Dada las condiciones del clima sería muy conveniente que los animales reciban aunque sea una parte de sus requerimientos de agua en la forma de alimentos succulentos, como los ensilajes (44).

Una campaña intensiva debe llevarse a cabo en esas regiones para popularizar los procedimientos y métodos de conservación de forrajes en la forma de ensilaje y henos por ser esta la manera más económica y efectiva de contribuir a solucionar un problema de capital importancia en el mejoramiento de la ganadería en tales zonas.

Entre los numerosos pastos no-leguminosos que abundan en el trópico, el pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*) es uno de los más populares. Como la mayoría de los pastos pertenecientes al género *Pennisetum*, es tosco, muy vigoroso y rápido en su crecimiento; crece muy bien con abundancia de agua. La aceptación del pasto Elefante depende principalmente del estado de crecimiento en el cual se le corta (11). Experimentos en Ha waii (28) han demostrado que para la producción de leche, es mejor el pasto Elefante cortado tierno que el mismo pasto cortado cuando ha alcanzado su madurez. Cuando tierno este pasto contiene más proteínas, aunque menos materia seca, lo que contribuye también a que sea más apetecido por el ganado en este estado de crecimiento.

Cuando se usa el pasto Elefante para pastoreo, no debe ponerse ganado en el campo hasta que las plantas hayan alcanzado una altura de 3 a 5 pies y especial cuidado debe tenerse de seguir un estricto sistema de rotación, retirando el ganado del potrero cuando se note que la mayoría de las hojas del pasto han sido consumidas (5). Informes de Hawaif

(27), aseguran que potreros de pasto Elefante han sostenido animales de carne durante un período de engorde de un año, a razón de 1.5 animales por acre (3.5 por hectárea), obteniéndose ganancias diarias en peso de 1.10 libras por animal.

Sin embargo este pasto es más comunmente usado como forraje de "corte", especialmente por su alto rendimiento por unidad de superficie cultivada; en Hawaii (29) se han obtenido rendimientos en promedio de 70-90 toneladas por acre de forraje verde por año (175-250 toneladas por hectarea-año). Es conveniente cortar el pasto Elefante antes que alcance unos 4 pies de altura para evitar que se ponga leñoso y sea poco aceptado por el ganado. Cuando la planta es joven las hojas son más suaves y succulentas (11), conteniendo en este estado un porcentaje de proteínas que en algunos casos puede llegar hasta 15% (base seca), según refiere Ripperton (51).

Los pastos de corte deben picarse previamente antes de ser suministrados al ganado; de esta manera se obtiene un beneficio máximo de una de las principales características de estos pastos, como es su alto rendimiento por unidad de superficie cultivada (29).

Las puntas de caña o "cogollo" obtenidas como subproducto de los cultivos de caña de azúcar, constituyen un alimento para el ganado muy generalizado en los países tropicales. Tanto las puntas o "cogollos", como la planta entera cortada en estado inmaduro, constituyen un forraje bueno y abundante (51). Su uso es muy popular en todos los países

productores de azúcar, entre ellos Hawaii donde se usa intensamente como alimento de ganado. Allí se usan mucho puntas o "cogollo" pertenecientes a la variedad de caña P.O.J. 2878 que aunque según la creencia popular es la variedad menos apropiada para alimento de ganado, las pruebas realizadas en la Estación Experimental de Hawaii han probado que el ganado las come con gusto<sup>1/</sup> (60).

Un forraje que si bien se ha usado como alimento de ganado en algunos países tropicales desde hace mucho tiempo, y que sólo en los últimos años se está descubriendo su verdadero valor nutritivo, son las hojas de banano que tanto abundan en regiones tropicales, unas veces como subproducto de la industria cafetalera donde se usan árboles de banano como sombra temporal en los cafetales, y otras como subproducto de la industria bananera. Work (61), en su informe sobre la industria ganadera en Nicaragua, dice que las hojas verdes de banano usadas intensamente como alimento de ganado y que son un gran alivio para éste en la larga estación seca, cuando los forrajes frescos son imposibles de encontrar. Esta aseveración es corroborada por Lewy Van Severen y Carbonell (34), de El Salvador, quienes dicen que por crecer la planta durante todo el año, las hojas pueden ser dadas al ganado en la estación seca, añadiendo que "con relación a la hoja de banano se puede observar que

---

1/ Estas experiencias corresponden a las obtenidas por nosotros en el presente estudio

tanto en la cantidad de proteínas como en la de proteínas digeribles puede compararse con la alfalfa, la cual no crece bien en El Salvador." Estos investigadores, en pruebas de digestibilidad con cabros, encontraron que las hojas de banano tenían alrededor de 22% de proteína cruda, siendo el coeficiente de digestibilidad de las mismas 75.65% en promedio, o sea más o menos 15% de proteína digestible total. Las hojas y tronco (llamado "vástago" en algunos sitios) del banano son usadas también por su succulencia en varios lugares del Este de Africa (21) durante la estación seca, porque reducen considerablemente los requerimientos de agua del ganado.

Otros forrajes no leguminosos que abundan en el trópico son: Pasto Guinea (*Panicum maximum*) apreciado por su resistencia a la sequía y por sus cualidades de engorde (61). Pasto Imperial (*Axonopus scoparius*) que se usa principalmente para corte (13). Pasto Sudan (*Sorghum vulgare*, *sudanensis*), pasto anual que en experimentos en Hawaii (29) ha probado ser superior a los pastos Elefante, Pará, y Rhodes en la producción de leche. Pasto Mexicano (*Ixophorus unisetus*) que se distingue por su alta palatabilidad, aunque bajo contenido de materia seca (29). Pasto alfombra (*Axonopus compressus*), que junto con el pasto Bermuda (*Cynodon dactylon*) los recomienda Wright (62) como pastos de cobertura para defensa del suelo en regiones secas y calientes. Pasto

Pará (*Panicum purpurascens*) que se adapta muy bien a tierras bajas y húmedas. El pasto Gordura o Melaza (*Melinis minutiflora*) se adapta preferentemente a suelos pobres y secos y es excelente para fijar terrenos en pendiente. A este pasto se le atribuye la característica de evitar que las garrapatas abunden en terrenos sembrados con él (13). Muchas otras gramíneas de variadas características y diferentes valores alimenticios existen en las regiones tropicales.

Indudablemente, los mejores potreros de tierras templadas son los formados a base de mezclas, de gramíneas y leguminosas. Los pastos tropicales necesitan un aporte de proteínas en forma de leguminosas para suplir con suficientes elementos nutritivos a animales de alta producción.

El establecimiento de leguminosas en asociación con pastos tropicales es desgraciadamente una tarea muy difícil. El crecimiento y desarrollo tan grande que alcanzan los pastos tropicales mataría a cualquier leguminosa que se siembre con ellos. Estudios intensos deben llevarse a cabo para encontrar las especies de leguminosas que podrían adaptarse al medio tropical; paralelamente la investigación estaría dirigida al desarrollo de gramíneas de menor tamaño que puedan así crecer en asociación con plantas leguminosas sin interponerse al crecimiento de éstas.

Con una mezcla de gramíneas y leguminosas además de mejorar la calidad de la ración se pueden obtener rendimientos más altos por unidad de superficie cultivada. Una leguminosa bastante popular en los trópicos, el Kudzu tropical, ha

sido usada en asociación con gramíneas. Experimentos llevados a cabo en Trinidad (36) demostraron que los lotes experimentales de Kudzu tropical cultivados en asociación con gramíneas (Pasto Elefante, Pasto Para, etc.), produjeron más forraje a los 5 meses de plantados que los lotes donde se cultivaron gramíneas solas. Al mismo tiempo, el contenido de Ca., Mg., y K. en las mezclas Kudzu-gramíneas fueron considerablemente superiores a los encontrados cuando los pastos fueron cultivados solos. Experiencias realizadas en Tingo María, Perú (9), prueban también que una mezcla de Pueraria phaseoloides (Kudzu Tropical) y Panicum purpurascens (Pasto Pará) constituye una buena mezcla que el ganado apetece y que sin lugar a dudas contribuye a elevar la calidad del forraje.

Las especies de Desmodiums, de bajo crecimiento, abundan en ciertas regiones (61) pero parece que son rápidamente eliminadas por las "quemadas" y el pastoreo sin control. En otras partes, aunque abundan, se las considera no muy aceptadas por el ganado (62).

Leguminosas que se han desarrollado extensamente en las regiones cálidas del sur de Estados Unidos, como las Lespedezas (Lespedeza esp.), el trébol Persa (*Trifolium repens*), y el trébol Lúpulo (*Trifolium dubium*) podrían quizás adaptarse en las regiones tropicales de Latino América (15). Otras leguminosas que podrían tener éxito son el frijol de palo o pigeon pea (*Cajanus cajan*), y el frijol de

vaca o cow pea (*Vigna sinensis*).

Las leguminosas nativas de cada región deben ser también mejoradas y quizás sean estas las que puedan ofrecer los mejores resultados (61).

Sea cual fueren las especies de leguminosas que se deseen plantar, debe tenerse presente que estas plantas necesitan vivir asociadas con bacterias fijadoras de nitrógeno y que antes de sembrarlas especialmente en terrenos nuevos o vírgenes deben ser las semillas inoculadas con cultivos de bacterias apropiadas (15).

Quien haya tenido oportunidad de viajar por regiones tropicales en la estación seca, habrá observado, con extrañeza quizás, que en ciertas zonas el ganado se mantiene bastante bien a pesar de no existir forrajes frescos y verdes en los alrededores. Si uno busca la razón de esto, sin lugar a dudas tendrá que reparar en la existencia en aquellos sitios de árboles leguminosos que proveen al ganado además de la sombra, con una variedad grande de frutos de vaina que los animales comen ávidamente y que sería la explicación a lo afirmado anteriormente. Especies de Algarrobo (*Prosopis chilensis*), Tamarindo (*Tamarindus indica*), Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), etc., se encuentran frecuentemente en los potreros de estas regiones, recalcando que en la elección de árboles para sombra y para cercas debe pensarse principalmente en leguminosas que además de servir los objetivos antes indicados, pueden además suplir al ganado con alimentos en casos de escasez.



## 2. Valor alimenticio de los concentrados en el trópico

Las vacas lecheras de baja producción pueden generalmente obtener de los forrajes toscos la mayoría de los elementos nutritivos suficientes para suplir sus necesidades alimenticias. En el caso de animales mejorados que produzcan más de 7 u 8 kilos de leche diariamente, sería mejor que reciban una adición suplementaria de concentrados (15). En los trópicos el problema de los concentrados es muy agudo; en general existe gran escasez de ellos y los altos precios de los productos importados los hacen prohibitivos para el ganadero común. En estas regiones, lo mismo que en otras de América Latina (31) que no están situadas en el trópico, los animales compiten con el hombre por cada grano de cereales que se produzca, y como en general la producción de ellos es muy baja, los animales raramente reciben suplementos concentrados en su alimentación. En la resolución de este problema han de tomar parte la infinidad de productos tropicales que como vamos a resumir en los párrafos siguientes, tienen cualidades suficientes para convertirse en los productos concentrados que el trópico tanto necesita. Es indudable, por ejemplo, que una industria lechera sustentada por productos locales será más económica y eficiente.

Entre los productos comunes en los países tropicales y de alto contenido en proteína tenemos a la harina o pasta de ajonjolí (*Sesamum indicum*) que con un contenido en proteína cruda de 39.30% y un coeficiente de digestibilidad

de la misma de 91.02%(19) es un concentrado proteico de primera calidad. La soya (Glicyne soja) desgrasada se usa mucho en mezclas de concentrados para ganado. Jorge de Alba (15) cita experiencias realizadas en Hawaii por otros investigadores, los cuales encontraron que la pasta de ajonjolí y la pasta de soya tienen el mismo valor para la producción de leche, al ser usadas como 20% del concentrado. La harina de maní o cacahuete (Arachis hypogea) tiene 39.60% de proteína digestible (41) y los coeficientes de digestibilidad de los otros nutrientes son también muy altos; este producto es apetecido especialmente por cerdos. La harina o cake de semilla de algodón es muy conocida y sus cualidades alimenticias no necesitan ser discutidas; este producto abunda en los países productores de algodón, como Brasil, Perú, etc., siendo extensamente usado como alimento de ganado. La pasta de coco o copra (Cocus nucífera) bajo prácticas ordinarias de alimentación, es quizás algo inferior a la harina de algodón o a la harina de linaza, en valor alimenticio, pero es superior a la pulpa seca de remolacha azucarera, a la melaza y al afrecho de trigo (57).

Las fábricas de aceite de la costa del Pacífico de Estados Unidos han estado usando un grupo de semillas exóticas procedentes de regiones tropicales, como fuentes de aceite comercial. Los residuos o pastas obtenidas después de la extracción del aceite fueron analizadas en

la Estación Experimental Agrícola del Estado de California (20) en búsqueda de nuevas fuentes de concentrados para el ganado. Los resultados fueron bastante halagadores y así podríamos disponer de nuevas fuentes de proteínas en productos como la harina o pasta de semilla de cáñamo (*Cannabis sativa*) y la harina de Babassu (*Orbignya speciosa*). El porcentaje de proteína cruda de la primera varía alrededor de 30% siendo el coeficiente de digestibilidad 83.98%. Al respecto el informe de California (20) añade que la referida pasta de cáñamo fué al principio de la prueba de digestibilidad poco apetecida, pero finalmente los animales (ovinos) llegaron a comer su ración completa y la prueba se pudo terminar satisfactoriamente.

La harina de semilla de Babassu se parece a la co-  
pra o harina de coco en color, olor, y composición química (20); ésta fué bastante aceptable y no se tuvo dificultad en que los animales la comieran. Sin embargo, parece que esta harina cuando se suministra en altas proporciones tiene características laxativas, según parece debidas a su alto contenido en magnesio. Otra cualidad de las pastas de cáñamo y Babassu es que tienen un contenido bastante alto de grasa (harina de cáñamo 6.16%; harina Babassu 6.67%). Lucas, Loosly y Maynard de la Universidad de Cornell (35,38), han demostrado que las vacas alimentadas con raciones ricas en grasa producen más leche y grasa butirométrica, poniendo de manifiesto la importancia de usar productos que tienen un contenido alto en grasa para la alimentación de vacas lecheras.

Otro grupo de concentrados igualmente valiosos aunque con un contenido inferior de proteínas en comparación a los nombrados anteriormente, es el formado por la harina de algarrobo (*Prosopia chilensis*), harina de yuca (*Manhioc utilillissima*), y la harina de mazorca de cacao (*Theobroma cacao*). Las dos últimas son bien apetecidas por el ganado, especialmente la harina de yuca o casava, como hemos tenido oportunidad de comprobarlo con experiencias realizadas en este Instituto.<sup>1/</sup> A estos habría que añadir el salvado o afrecho de piña, que es un alimento "standard" para ganado en Hawaii.

### 3. Valor alimenticio de frutas (y subproductos) y tubérculos

Aparentemente, magníficas fuentes de alimentos para el ganado en los trópicos pueden constituir las frutas, sus subproductos y los tubérculos deshidratados. Estos productos han sido muy poco explotados en los países tropicales, quizás porque el uso de ellos va paralelo al desarrollo industrial de la región.

En zonas industriales de Estados Unidos, el estudio de los subproductos de las frutas para la alimentación del ganado nació especialmente de la gran necesidad de encontrar una utilidad a las grandes cantidades de desperdi-

---

1/ "Mezclas de concentrados para ganado lechero en los trópicos." Ensayo comparativo del valor alimenticio de raciones a base de harina de yuca, harina de mazorca de cacao y maíz. Trabajo en preparación de J. de Alba y H. García Llosa.

cios (cáscaras, pulpas, etc.), que cada día se tenían que botar de las grandes fábricas donde se procesaba frutas como naranjas, toronjas o limones, para la obtención industrial de jugos y derivados y de este modo tratar que las fábricas obtengas alguna ganancia de lo que era un desperdicio inservible.

Los residuos que se obtienen de la industria frutera como pulpa, cáscaras y semillas de frutas cítricas y de otras clases, tienen que sufrir primeramente un proceso de secamiento, siendo en este estado como comunmente se suministran al ganado, aunque en algunos casos se puede usar la pulpa fresca (42).

La pulpa seca de toronja es aceptada por el ganado de leche y las pruebas efectuadas con ella indican que contiene 1.2% de proteína digestible y 76% de nutrientes digeribles totales (2). Parece que el gusto amargo de la toronja causado por la "narangina" (glucósido), y la acidez debida al ácido cítrico no tienen, como se podría pensar, un efecto detrimento sobre el gusto del producto, reconociéndose que el efecto del proceso de secamiento sobre ellos no es conocido (42).

La pulpa seca de naranja resultó apetecida por el ganado en experiencias realizadas también en Florida (42) aunque los resultados observados por ellos son contrarios a los hallados por Mead y Gilbert, de California, que efectuaron pruebas parecidas en 1927 y 1928 encontrando que la

pulpa seca de naranja y limón tenían que ser suministradas en combinación con otros alimentos para asegurar que los animales las consumiesen.

Otros subproductos de frutas que pueden ser utilizados son la pulpa seca de piña y la pulpa seca de manzana que son residuos de la obtención del jugo de piña, la primera, y de la cidra, la segunda.

En términos generales se considera que los subproductos de frutas cítricas, manzanas y piñas, tienen un bajo contenido en proteínas y fibra cruda, pero un alto porcentaje de extracto no-nitrogenado, lo que los hace una buena fuente de carbohidratos de fácil digestión (42).

Los frutos enteros de banano o plátano también son usados para la alimentación del ganado en algunas regiones (61) y experiencias recientes realizadas por Archibald (1) indican que aún las cáscaras de banano tienen valor alimenticio. Este investigador afirma que las referidas cáscaras contienen 6.1% de proteína cruda (base seca) y que en general el contenido de extracto etéreo (8.7%), azúcares y minerales solubles de las cáscaras de banano, pueden ser consideradas como bastante altas. El contenido de caroteno (66.0 p.p.m.) que dieron los análisis, hacen pensar a Archibald que este producto puede constituir una fuente no despreciable de vitamina A.

Otro subproducto de la industria bananera como son las hojas de banano secadas a la sombra y molidas, podrían

utilizarse también en mezclas concentradas según referencias de El Salvador (34) que a la vez informan que la pulpa o broza de café secada y molida (residuo de la fruta o cereza después de haberse extraído el grano en las despulpadoras) podría también utilizarse para la alimentación del ganado, aunque este producto contiene proteínas que son muy poco digeribles (coeficiente de digestibilidad de proteínas 34%). La pulpa de café también ha sido usada en forma de ensilaje (39).

Entre los tubérculos, el camote presenta quizás las mejores posibilidades entre los alimentos de esta clase para ganado. Previamente debe cortarse y secarse al sol o artificialmente. Copeland, de Texas, (12) comparó la harina de camote deshidratado con una ración de maíz molido, en la alimentación de vacas lecheras en producción, encontrando que aunque las vacas produjeron 3.08 % más de leche cuando recibieron maíz, se puede considerar a los camotes deshidratados como un buen alimento que poseen el 90.75% del valor de energía productiva del maíz molido, como alimento para vacas lecheras. Estas experiencias corroboran los estudios que con camote deshidratado realizó Briggs en Oklahoma (8), aunque en este caso se usaron novillos de carne y ovinos como animales de experimentación. Una mezcla concentrada a base de tubérculos deshidratados y subproductos de frutas cítricas probó ser tan buena para la producción de leche, como una mezcla "standard" a base de maíz molido, avena molido, y afrecho de trigo, según experimento realizado

por Faires y asociados del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en 1949 (17). Esto prueba finalmente, que los subproductos de frutas, así como los tubérculos, pueden dar buenos resultados en la alimentación del ganado en los países tropicales.



1. Primer corte antes de la floración; se aplicó N y P al campo; promedio de dos pruebas; datos convertidos a base seca.
2. Desarrollo completo, tierno (Full growth, young (sic)); los coeficientes de digestibilidad son el promedio de dos experimentos diferentes; los datos originales fueron convertidos a base seca.
3. Desarrollo completo (Full growth); los datos originales se convirtieron a base seca.
4. Estado de heno, hay stage (sic).
5. Tierno, young (sic).
6. Cortado durante la floración; los datos originales se convirtieron a base seca.
7. El promedio de días entre cortes fué 63.
8. Datos del presente estudio; pastizal de Elefante viejo, con varios cortes anteriores; análisis efectuados por el Ing. Gil Chaverri, Jefe del Laboratorio Químico del Ministerio de Agricultura de Costa Rica.
9. Los datos originales fueron convertidos a base seca.
10. Caña de azúcar Lahainna; los datos son el promedio de tres muestras; una cuando la caña fué cortada a los diez meses de edad y las otras dos de caña de 18 meses de edad.
11. Caña de azúcar, mayormente de la variedad P.O.J. 2878 cortada a los 16 meses de edad. Datos del presente estudio (análisis de G. Chaverri)
12. Los autores no especifican la variedad usada, ni el estado de crecimiento de las hojas. Se debe tratar de hojas muy

tiernas y frescas (comentarios del autor).

13. Datos correspondientes al presente estudio; se usaron hojas de banano (*Musa sapientum*) de la variedad conocida localmente como "guineo caribe." Las hojas no presentaban partes secas y su color era verde uniforme.

Análisis efectuados por el Ing. Gil Chaverri.

14. Cortada más o menos al mes y medio de edad.

5. Discusión de la influencia de las condiciones tropicales sobre los conceptos aceptados de consumo "standard" de alimentos y normas de alimentación para animales domésticos

Lo que en el presente se conoce en el campo de la nutrición y alimentación animal está basado principalmente en estudios realizados en países de zonas templadas y frías, con razas de ganado y alimentos bastante diferentes a los que se encuentran comúnmente en las regiones tropicales del mundo.

Estas experiencias volcadas en los libros clásicos de consulta en la materia se tratan de aplicar también en las zonas tropicales, y en ellas intentamos basarnos para calcular las raciones de nuestros animales o para discutir sobre las bondades de tal o cual forraje. Estamos obrando correctamente, o es que las discutidas condiciones del trópico tienen suficiente influencia en los procesos digestivos de los animales como para pensar que bajo condiciones tropicales se necesitan normas de alimentación propias y distintas a las de regiones de climas templados y fríos.? Las investigaciones realizadas hasta el presente bajo un ambiente tropical no son suficientemente contundentes como para poder contestar esta pregunta definitivamente. Sin embargo, se han realizado experiencias muy interesantes al respecto.

Según Phillips (47), los animales que poseen un sistema de regulación de calor eficiente están en mejores condiciones para soportar climas tropicales adversos que los que no poseen esta cualidad fisiológica. Esto parece ser cierto, especialmente cuando se trata de los procesos digestivos, ya que la

pérdida de apetito (anorexia) comunmente está asociada a un excesivo calor ambiental (33). Bonsma (6) sostiene que si un animal llega a ponerse hipertérmino como resultado de una temperatura ambiental elevada y una falta de adaptabilidad al medio, automáticamente su consumo de alimentos será menor, alternándose completamente el proceso metabólico y aunque el animal reciba suficientes alimentos, este trastorno imposibilitará la conversión eficiente de los alimentos en el proceso asimilativo, añadiendo el referido investigador que esta es una de las razones por las cuales el ganado de origen europeo no llega a producir grandes cantidades de leche en los trópicos.

De lo expresado anteriormente se deduce que habría que encontrar otra solución a la creencia, no conclusiva por cierto, de que los animales de origen zebú, dotados indudablemente de mayor resistencia a climas tropicales que el ganado de origen europeo, consumen menos cantidad de alimentos toscos (pastos y forrajes) diariamente en relación a su peso, que éstos (26). Aunque French (22) asegura que no hay diferencia en poder digestivo entre ejemplares zebú y mestizos de alto cruce con ganado europeo. Después de experiencias llevadas a cabo en Trinidad, Duckworth (16), explica el bajo consumo de forrajes por el ganado tropical de leche, con las siguientes tres posibilidades; "1) Puede suceder que el volumen del rumen, cuando distendido normalmente, es menor en el ganado tropical que en los animales provenientes de zonas

templadas. 2) Puede suceder que los forrajes con los que se obtuvieron estos resultados (forrajes tropicales como pasto Elefante, etc.), no forman una masa compacta en la panza de los animales, manteniendo su forma voluminosa y abultada durante la mayor parte del proceso digestivo y por lo tanto motivando que la panza alcance su máximo volumen con una poca cantidad de forrajes; y 3) El proceso de digestión de los animales que consumen alimentos como el pasto Elefante puede realizarse más lentamente que en el caso de que el alimento ingerido sea un producto de hojas suaves y pequeñas como los pastos de zonas templadas. Un proceso digestivo lento tendrá como consecuencia una evacuación de la panza también lenta y como deducción un consumo menor de forrajes diariamente.

Por otro lado existe la creencia de que los animales cuando se encuentran gordos, son menos resistentes al calor que sus congéneres magros o musculosos (52). Quizás esto quiera decir que que los animales en el trópico consumen menos alimentos, guiados por un instinto natural de conservación y así al no engordar excesivamente, estarán en mejores condiciones para resistir el calor ambiental.

Todas estas teorías que aparentemente explican la razón por la cual se considera que los animales en el trópico consumen menos alimentos toscos que el ganado de zonas templadas, están todavía en el campo de las suposiciones y se necesitan aún experimentos complementarios concluyentes para llegar a una decisión final que dé luz sobre este problema.

Las condiciones deficientes de nutrición en los trópicos afectan tanto a las razas nativas del lugar como a las razas con alto cruce de ganado europeo (24), poniendo de manifiesto que aunque se trate de mejorar el ganado de las zonas tropicales por medio de selección dentro de los tipos nativos o por medio de la formación de razas nuevas, tomando ventaja de que la resistencia al calor parece ser un carácter transmisible (49, 53), el problema de la nutrición ocupará siempre un lugar importante en la búsqueda de tipos de ganado resistentes y productivos para las regiones tropicales del mundo.

B. DISEÑOS EXPERIMENTALES PARA ESTUDIOS  
CON GANADO LECHERO

"La esencia de la buena experimentación es una agricultura sólida" según D. D. Paterson (46). Este principio aplicado a la experimentación con ganado lechero sería el desarrollo y formación de vacas altamente productivas.

Entre los primeros intentos para organizar y sistematizar la experimentación con ganado de leche, son dignos de mención los trabajos de Maynard y Myers realizados en 1918 (40), quienes reconocieron la conveniencia de aplicar los métodos estadísticos para la correcta interpretación de los resultados experimentales con vacas lecheras. En aquéllos tiempos se reconocían como métodos experimentales principalmente

el sistema "continuo", el "alternado" y una combinación de ambos, o el "continuo-alternado," métodos que aún se usan aunque están siendo reemplazados completamente por otros más precisos.

### 1. Sistema "continuo"

En el sistema continuo si se desean comparar dos raciones (A y B), se dividen los animales en dos grupos iguales y mientras a uno se le suministra la ración A, el otro recibirá la ración B. En este sistema debe tenerse en cuenta que los dos grupos deben ser lo más similares posible en su capacidad productiva, para que los resultados sean comparables. En esto estriba casualmente la principal desventaja de este método, pues es una tarea muy difícil acertar en la correcta agrupación de los animales de experimentación en grupos cuyos componentes tengan una capacidad productiva igual o muy parecida.

Entre las ventajas de este sistema tenemos que se puede usar un período experimental largo y que el "efecto residual" no existe, ya que cada grupo de animales recibirá una ración determinada continuamente a través de todo el período experimental. Los forrajes se estudian en esta forma en condiciones más prácticas o normales.

### 2. Sistema "alternado"

En este sistema puede suceder que las raciones por estudiar se suministren a un mismo grupo de animales, pero en forma sucesiva; así, si deseamos comparar dos raciones A y B,

la ración A se suministra a los animales primero, luego recibirán la ración B y por último, nuevamente se repite la ración A. Un período experimental de 5 a 6 semanas es conveniente para estos casos.

Otra posibilidad que se presenta en este sistema es el uso de dos grupos de vacas; por ejemplo, el grupo I recibe la ración A cuando el grupo II recibe la ración B, y viceversa. Este método, aunque elimina muchos de los factores debidos a la individualidad del animal, presenta como principal desventaja la posible existencia de un "efecto residual." Se entiende como "efecto residual" de una ración sobre otra, a la influencia ya sea favorable o desfavorable que puede persistir en los primeros días después de cambiar una ración, como resultado de la influencia prolongada de la ración anterior.

### 3. Sistema "continuo-alternado"

En este sistema se necesitan tres grupos de animales: uno recibirá la ración "base" (o de comparación) continuamente, otro grupo recibirá la ración que se quiera estudiar, también continuamente, y a un tercer grupo se le suministrarán las dos raciones alternativamente. Este sistema requiere muchos animales de experimentación, por lo que es poco práctico el usarlo.

### 4. Método de "reversión" de Brandt

Con el advenimiento y aplicación de los métodos



estadísticos en los experimentos biológicos, nacieron varios sistemas de experimentación para estudios con vacas lecheras, siendo uno de los más usados el llamado de "reversión" o "reversible" (7). Este sistema puede tener dos o más períodos experimentales y por lo tanto puede ser reversible simple, doble reversible o con reversiones triples o cuádruplos, etc. El tipo de "doble reversión" es el más comunmente usado entre ellos.

En el sistema de "doble reversión," con tres períodos experimentales, sólo se pueden comparar dos raciones o tratamientos. En este caso, los animales se dividen en dos grupos lo más similares posible, tomando en consideración la producción de leche de las vacas, el estado de lactancia, el peso y la edad de las mismas, etc., y se les somete a las dos raciones (A y B); mientras el grupo I la recibirá en la secuencia A B A, el grupo II recibirá las raciones en el orden B A B. Los tres períodos son generalmente de 28 días cada uno, no considerándose en los datos por analizar las producciones de los 7 primeros días de cada período, debido a la posible existencia de un efecto residual de un tratamiento sobre otro. El número de animales que se pueden usar es variable, dependiendo de las facilidades disponibles, pero sería conveniente que no fueran menos de cuatro vacas por grupo.

El diseño será como sigue:

GRUPO I			Diferencias <sup>1/</sup> d'
Períodos			
I	II	III	
Rac. A	Rac. B	Rac. A	$A' - 2B + A''$

GRUPO II			Diferencias <sup>1/</sup> d''
Períodos			
I	II	III	
Rac. B	Rac. A	Rac. B	$B' - 2A + B''$

Supongamos que tenemos seis animales en cada grupo. En el grupo I, con la secuencia A B A, las diferencias en producción bajo las dos raciones, para cada vaca, serán iguales a: producción bajo A' - 2 veces la producción bajo B + producción bajo A''. En el grupo II las diferencias individuales serán: B' - 2A + B''.

Obtenidas las seis diferencias individuales y una diferencia total (o la suma de ellas) en cada grupo, podremos tener una idea sobre el resultado del ensayo. Por ejemplo, si en el primer grupo la mayoría de las seis diferencias obtenidas son positivas, esto sugerirá que la ración A es superior a la ración B para la producción de leche. Esta afirmación será corroborada si la diferencias en el segundo grupo resultan

---

1/ Brandt ha demostrado que las diferencias individuales son convenientes para evaluar los resultados de esta clase de experimentos donde se ensayan dos tratamientos alternativamente sobre dos grupos de animales.

negativas. El caso inverso, o sea diferencias negativas en el primer grupo y positivas en el segundo, estarán sugiriendo que B es superior a A. Aun puede suceder que las diferencias de los dos grupos sean ambas positivas o ambas negativas, queriendo decir en este caso que entre las dos raciones o tratamientos no hay diferencia comprobable.

Para llegar a una completa certeza en los resultados, se tiene que recurrir al análisis estadístico. El uso del análisis estadístico en esta clase de experimentos es debido a Brandt (7) quién aplicó el método de la prueba de "t" de Student que Fisher (18) había modificado, extendiéndola.

Con las diferencias obtenidas, podremos calcular los siguientes datos para cada grupo:

<u>Símbolo</u>	Grupo I	Grupo II
Sd	_____	_____
$\bar{d}$	_____	_____
$Sd^2$	_____	_____
$(Sd)^2 / n$	_____	_____
$S(d - \bar{d})$	_____	_____

(S = suma de; d = diferencias;  $\bar{d}$  = promedio de diferencias; n = números de individuos en el grupo).

Con estos datos podremos calcular el  $\sigma$  (error standard).

$$\sigma = \sqrt{\frac{S(d' - \bar{d}')^2 + S(d'' - \bar{d}'')^2}{(n' - 1) + (n'' - 1)}}$$

Luego aplicamos la formula de "t":

$$"t" = \frac{\bar{d}'' - \bar{d}'}{\sigma}$$

Este valor de "t" se compara, en relación a los grados de libertad del ensayo, en las tablas de "t" de Fisher (18).

Un método más sensitivo para obtener la significación de esta clase de ensayos es el descrito por Snedecor (55) que usa valores para F.

El procedimiento en este caso será el siguiente:

Suma de cuadrados de las diferencias en el Grupo I

$$Sd^2 = d_1^2 + d_2^2 + d_3^2 + d_4^2 + d_5^2 + d_6^2 - F.c. (\text{factor de corrección: } S(d)^2/n)$$

De la misma manera se obtienen estos valores en el grupo II.

La variancia del error será igual a:

$$\sigma^2 = \frac{Sd^2_{I'} + Sd^2_{II'}}{(n'-1) + (n''-1)} \quad (1)$$

Para la comparación de las raciones A y B la suma de cuadrados es:

$$S.c. = \frac{Sd^2_{I'} - (- Sd^2_{II'})^2}{(n' - 1) + (n''-1)} \quad (2)$$

De donde  $F = \text{Suma de cuadrados (de raciones) (2) / variancia del error (1)}$ .

Obtenido este valor observado de F, se consultan las tablas de F de Snedecor (55) para conocer la significación del ensayo.

Este método para probar el significado en los experimentos de "reversión" ó "alternativos" también puede aplicarse con cualquier otro número de períodos experimentales.

5. Método de "doble cambio" (double change over). Aplicación del cuadrado latino en la experimentación con ganado lechero. (Este diseño se usó en el presente estudio)

Las vacas son animales muy variables con respecto a su

capacidad productiva y si tratamos de comparar el valor alimenticio de determinada ración, suministrando esta a cada vaca continuamente, estaremos usando como juicio de comparación del promedio total de producción, exclusivamente a la referida habilidad productiva del animal y por lo tanto el error experimental en estos casos es muy grande; aunque se podría aminorar en algo, agrupando las vacas lo mas parejamente posible, tarea que tampoco esta exenta de dificultades.

El diseño del "doble cambio" de Cochran y asociados (10), constituye un esfuerzo para eliminar esta fuente de variación en la comparación de determinadas raciones, tratando que cada vaca reciba todas y cada una de las raciones por estudiar en su debido turno u oportunidad. Otra gran ventaja de este método es que permite la comparación de más de dos raciones al mismo tiempo.

Esencialmente este diseño es un doble cuadrado latino de 3 x 3, que se replica tantas veces como tengamos seis vacas disponibles para experimentación (ver pag. 40 Tabla 2 ). En este método, sin embargo hay que tener muy en cuenta otras fuente de error para lograr el máximo de refinamiento en el ensayo.

Supongamos que deseamos comprar tres raciones (1,2, y 3); si una vaca recibe las raciones en el orden 1,2,3 por período de 28 días cada una, al compararlos

resultados tendremos un serio obstáculo en la curva descendente de producción que todo animal tiene hacia el final de su período de lactancia, independientemente de la clase de alimentos que esté recibiendo. En este caso estaremos favoreciendo a la ración 1, porque fue probada durante el período más productivo de la vaca y al mismo tiempo penalizando a la ración 3, ya que esta fue suministrada en la época o período en que la vaca producirá menos debido a la curva descendente de lactancia, aunque la ración 1 haya sido la peor y la 3 la mejor del grupo de alimentos suministrados.

Esta dificultad fue en su mayor parte eliminada por Cochran y asociados, diseñando el experimento de tal manera que en cualquiera de los períodos experimentales  $1/3$  de las vacas estuviesen recibiendo cada una de las raciones. Por ejemplo,  $1/3$  de las vacas recibirán las tres raciones en la secuencia 1,2,3, mientras otro tercio de las mismas lo haría en el orden 2,3,1, y aún otro, según la secuencia 3,1,2. Con esta disposición los tres períodos experimentales estarán igualmente representados en el promedio de producción de leche para cada ración.

Aún debe añadirse, que para intentar eliminar completamente el efecto de la curva de lactancia debe tenerse especial cuidado que las vacas pertenecientes a cada grupo no sean escogidas al azar sino que los componentes de cada grupo sean lo más similares posible en el grado de descenso de sus curvas de lactancia. Solo de este modo los resultados

por obtener serán altamente comparables, pues en el caso de que esto no sucediese podría ser que estemos favoreciendo a determinada ración en detrimento de las otras, y así contribuyendo a que el error experimental se confunda con la variancia debido a tratamientos.

Si en el transcurso del experimento cualquier animal tiene que ser retirado de la prueba por cualquier circunstancia ineludible, no difíciles de suceder, existe el recurso de aplicar fórmulas especiales desarrolladas por Yates (63) que permiten analizar datos cuando los resultados experimentales están incompletos, sin afectar grandemente la sensibilidad del ensayo. El análisis estadístico de esta clase de experimentos sigue el mismo método que el análisis de cuadrados latinos en los experimentos fitotécnicos. Sobre el particular trataremos en detalle al referirnos al análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio.

### **III MATERIAL Y METODO EXPERIMENTAL**



**A. DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el presente trabajo se usó como método experimental el tipo de diseño de "doble cambio" de Cochran (ver parte II, sección B, número 5), quien aplica el cuadrado Latino a experimentación con ganado lechero. En esta clase de diseño, cada grupo de tres animales constituye un experimento separado: un cuadrado Latino de 3 x 3. En nuestro caso, queriendo comparar tres raciones con doce animales el diseño fué como sigue:

**Diseño experimental**

**T A B L A II**

GRUPO 1				GRUPO 2		
<u>Período</u>	<u>1</u>	Vaca <u>2</u>	<u>3</u>	<u>4</u>	<u>5</u>	<u>6</u>
I	A	B	C	A	B	C
II	B	C	A	C	A	B
III	C	A	B	B	C	A

GRUPO 3				GRUPO 4		
<u>Período</u>	<u>7</u>	Vaca <u>8</u>	<u>9</u>	<u>10</u>	<u>11</u>	<u>12</u>
I	A	B	C	A	B	C
II	B	C	A	C	A	B
III	C	A	B	B	C	A

en el cual los períodos I, II, y III, se refieren a intervalos de cuatro semanas (28 días) cada uno, y las iniciales A,

B, y C, a la clase de forrajes; es decir, pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*"), hojas de banano (*Musa sapientum*), y "cogollo" o puntas de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) respectivamente.

Como podemos observar en el diseño de la Tabla II, los grupos 1 y 2 presentan un tipo de cuadrado Latino de 3 x 3, mientras los grupos 2 y 4 presentan otro tipo complementario. Esto fué diseñado en los trabajos originales de Cochran de esta manera, para obtener que cada ración sea seguida en cada caso por una ración distinta y así estar en condiciones de poder calcular el "efecto residual" de una ración sobre cada una de las otras, como tendremos oportunidad de ver posteriormente.

## B. CLASE DE GANADO USADO EN EL EXPERIMENTO

### 1. Selección y agrupación

Del hato lechero del Instituto, escogimos doce vacas del tipo conocido localmente como ganado Maizol<sup>1/</sup> (Fotografías 1, 2 y 3,) seleccionando únicamente aquéllas que se esperaba fuesen capaces de completar una lactancia normal de no menos de 250 días (esta clase de ganado tiene por lo general un período de lactancia corto que raramente pasa de 280 días). También se procuró escoger aquéllas vacas que a la fecha de la iniciación del experimento tuviesen más de un mes y menos de 150 días dando leche: tratando en el primer caso de seleccionar vacas cuyas curvas de lactancia se hubiesen

---

1/ Mestizos; Zebú y Criollo.



Fotogr.1



Fotogr.2

Vacas del tipo conocido localmente como ganado Maizol (Mestizos:Zebu x Criollo).



Fotogr.3

ya estabilizado después de pasar el período ascendente (bastante corto en esta clase de vacas) que tiene toda vaca al comienzo de su período de lactancia, y en el segundo caso evitar que el período experimental coincida con la curva descendente de producción que las mismas vacas habrían de tener hacia el final de la lactancia; variaciones fuera de la curva normal, que en ambos casos son independientes de la clase de alimentos que el animal esté recibiendo.

Tomando en cuenta tanto las producciones en lactancias anteriores como la de los diez días que precedieron al experimento, dividimos las 12 vacas seleccionadas en tres grupos de cuatro vacas cada uno. Se procuró que las vacas acerca de las cuales no se tenían datos previos sobre sus características de producción quedasen igualmente distribuidas en los diferentes grupos. La edad de las vacas y el número de lactancias previas, no pudieron ser consideradas como criterio de selección por carecer de datos al respecto.

Los tres grupos quedaron constituidos en la siguiente forma:

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
Vacas	Vacas	Vacas
Dalia	Brisa	Lucero
Baya	Moncha	Germania
Tigra	Copa	Cuba
Paloma	Colí	Encanto

De esta primera agrupación, tomando una vaca de cada grupo, se formaron a su vez los 4 grupos definitivos de tres vacas cada uno. Se puso especial cuidado para que los tres componentes de cada grupo fuesen lo más similares posible en las condiciones o requisitos usados como base de selección y agrupación que se consideraron anteriormente, sin tratar de formar grupos similares.

Los grupos en el diseño experimental (Tabla II) quedaron definitivamente constituidos y situados en la forma siguiente:

GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3	GRUPO 4
Vacas	Vacas	Vacas	Vacas
1 Brisa	4 Coli	7 Moncha	10 Copa
2 Dalia	5 Paloma	8 Baya	11 Tigra
3 Germania	6 Lucero	9 Encanto	12 Cuba

## 2. Control de producción y peso de los animales

Las vacas fueron ordeñadas dos veces al día, llevándose "records" diarios de producción de leche y se efectuaron dos pruebas por período (cada 14 días) del contenido de grasa de la leche de cada vaca individualmente. Las producciones de leche fueron corregidas a 4% de grasa, según los factores de Gaines y Davidson (23) por los cuales la producción de leche de las vacas pueden ser corregidas al equivalente calórico de 4% de grasa butirométrica usando la siguiente fórmula:

$$\text{Leche corregida} = 0.4 \times L + 15 \times G$$

en la cual L = producción actual de leche; G = producción actual de grasa. Estos datos son expresados en libras.

### C. ALIMENTOS USADOS

El manejo de los animales fué tendiente a que comiesen el máximo de forraje que pudiesen consumir, de las cuatro y media de la mañana a las tres y media de la tarde, mientras permanecían en el establo (fotografías 4 y 5.) El resto del tiempo estuvieron todas las vacas juntas en un potrero, en regulares condiciones, de pasto Bahía (*Paspalum notatum*) y pasto Gordura o Melaza (*Melinis minutiflora*).

Las principales características de los pastos de "corte" usados en este experimento fueron las siguientes:

1. Pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*): Este pasto provenía de un pastizal viejo del cual se habían obtenido varios cortes previamente. Diariamente se cortaba este pasto, poniéndose especial cuidado en que fuese tierno, limpio y de una altura que oscilara entre 1 m. y 1,50 m. (fotografía 6 ). El pasto se suministraba picado al ganado, (fotografía 7).
2. Puntas de caña de azúcar o "cogollo". (*Saccharum officinarum*). La época de corte en los cañaverales del Instituto coincidió con el presente experimento y de esta manera se obtenía "cogollo" fresco diariamente (fotografía 6 ). La variedad de caña de azúcar era P.O.J. 2878 y los campos fueron cortados a los 16 meses de edad. El "cogollo" picado (fotografía 8 ) era suministrado a las vacas en experimentación.



Fotogr.4

Las doce vacas de experimentacion en el establo de ordeño.



Fotogr.5

3. Hojas de banano (*Musa sapientum*): En este caso se usaron hojas verdes de banano de la variedad conocida localmente como "guineo caribe". Estas hojas se obtenían en los cafetales nuevos del Instituto, donde se usan árboles de banano como sombra provisional de los cafetos. Se escogían especialmente las hojas tiernas que presentasen un color verde uniforme sin partes secas o marchitas (fotografía 6). Las hojas de banano después de picadas presentaban el aspecto que se puede apreciar en la fotografía 9.

Se llevaron "apuntes" diariamente del consumo individual de los diferentes forrajes y se efectuaron determinaciones del porcentaje de humedad en los mismos, dos veces por período (cada 14 días).

Composición química de los forrajes bajo experimentación

T A B L A III

	Materia seca %	Proteína cruda %	Extrac. etereo %	Fibra Bruta %	Extr.no nitrog. %	Cenizas %
Past. Elefante	21.55	5.77	1.88	32.70	44.12	15.52
Hojas de banano	18.75	13.90	3.50	29.25	43.55	9.81
Puntas de caña	20.44	4.98	1.39	34.50	53.04	6.10

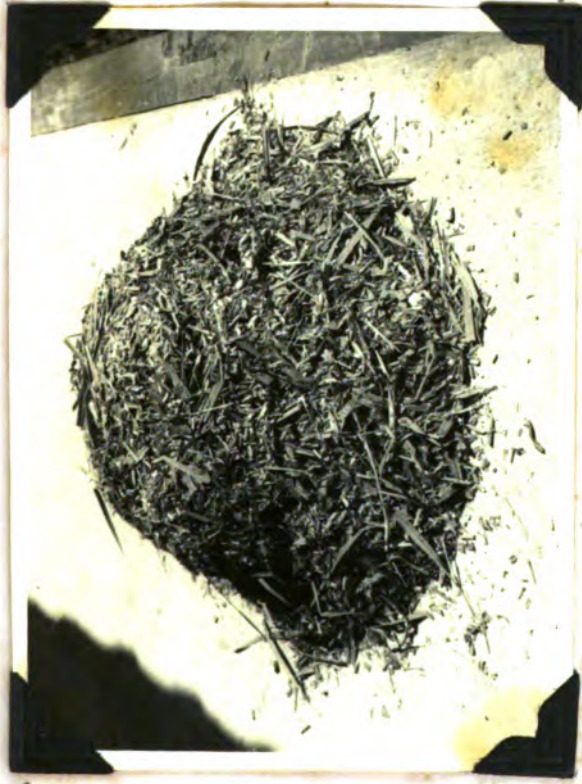
Las vacas recibieron como suplemento adicional, melaza de caña, que se suministró con los forrajes de "corte". Este suplemento fue dado en la proporción, de una libra de melaza





Fotogr.6

Muestras representativas del estado de crecimiento en que se usaron las hojas de banano, puntas de caña de azucar y pasto Elefante en el presente experimento



Fotogr.7 Pasto Elefante



Fotogr.8 Puntas de caña o cogollo

Forrajes picados (muestras de 20 libras cada uno)



Fotogr.9 Hojas de banano

por cada cuatro de leche corregida (a 4%) producida; estas cantidades se ajustaban o corregían dos veces por período (cada 14 días) según el método recomendado por Lucas (37) que esencialmente consiste en cambiar periódicamente la cantidad de suplementos que reciben todos los animales en un porcentaje igual, que guarda relación con la cantidad de suplementos que recibía cada una de las vacas inicialmente.

**IV RESULTADOS**

**A. ANALISIS DE VARIANCIA DE PRODUCCION TOTAL DE LECHE CORREGIDA (sin tomar en consideración el "efecto residual").**

Los datos sobre la producción total de leche corregida (4%) por vaca por período están recopilados en la Tabla IV.

Estando el diseño experimental formado por cuatro cuadrados Latinos independientes, cada uno de ellos fué analizado separadamente<sup>1/</sup>; luego los grados de libertad y la suma de cuadrados obtenidas en el análisis de cada uno de los referidos cuadrados Latinos, fueron sumados o reunidos (Tabla V) para estudiar la significación del experimento completo según la distribución de grados de libertad expresada en la Tabla VI.

La variancia debida a diferencias "entre grupos" y las "interacciones de raciones por grupos" se calculan con los datos del experimento completo o sea tomando en consideración los resultados obtenidos en los cuatro cuadrados Latinos combinados (para cálculo matemático ver Apéndice, Sección A, No.2).

El analisis de variancia del experimento completo puede verse en la Tabla VII.

Según se puede observar las diferencias fueron altamente significativas en todos los casos. El haber obtenido diferencias significativas "entre grupos" confirma la selección que hicimos de los animales experimentales en grupos previstos. (Ver pag.43 ).

---

1/ Para proceso matemático detallado ver Apéndice, Sección A, número 1.

Producción individual de leche corregida (4%) por vaca por periodo

(total de 28 días) en libras

T A B L A IV

GRUPO 2

Periodo	Vaca						Totales
	1	2	3	4	5	6	
I	A 333.30	B 342.45	C 389.45	A 361.20	B 303.65	C 348.85	1.013.70
II	B 309.10	C 315.75	A 382.10	C 285.05	A 240.75	B 349.40	875.20
III	C 277.70	A 261.80	B 392.80	B 269.20	C 170.70	A 301.00	740.90
Totales	920.10 (423.25) Kg	920.00 (423.20) Kg	1.164.35 (535.60) Kg	915.45 (421.11) Kg	715.10 (328.95) Kg	999.25 (459.66) Kg	2629.80

GRUPO 4

Periodo	Vaca						Totales
	7	8	9	10	11	12	
I	A 355.45	B 269.70	C 345.45	A 226.75	B 224.00	C 242.30	693.05
II	B 328.35	C 302.50	A 317.00	C 196.20	A 214.25	B 220.15	630.60
III	C 295.50	A 330.10	B 346.25	B 175.40	C 143.50	A 216.15	535.05
Totales	979.30 (450.48) Kg	902.30 (415.06) Kg	1.008.70 (464.00) Kg	598.35 (275.24) Kg	581.75 (267.60) Kg	678.60 (312.15) Kg	1.858.70

A = Pasto Elefante; B = Hojas de banano; C = Puntas de caña (cogollo).

Resultado del analisis por grupos  
individuales y combinados

T A B L A V

	<u>Grupo 1</u> <u>S.c. 1/</u>	<u>Grupo 2</u> <u>S.c.</u>	<u>Grupo 3</u> <u>S.c.</u>	<u>Grupo 4</u> <u>S.c.</u>	<u>Total</u>
amientos: Entre raciones	924.19	2.654.08	765.18	941.25	5.284.70
as: Entre periodos dentro de grupos	2.958.68	12.404.28	121.68	4221.53	19.706.17
mas: Entre vacas dentro de grupos	13.262.78	14.211.53	2.012.71	1.788.39	31.275.41
	<u>1.107.33</u>	<u>170.19</u>	<u>3.299.44</u>	<u>428.59</u>	<u>5.005.55</u>
<b>Total</b>	18.252.98	29.440.08	6.199.01	7.379.76	

suma de cuadrados

Distribución de grados de libertad  
en el experimento completo

T A B L A VI

	Grados de libertad
Entre grupos	3
Entre vacas dentro de grupos	8
Entre periodos dentro de grupos	8
Entre raciones	2
Raciones x grupos (Interacciones)	6
Error	<u>8</u>
<b>Total</b>	35

Analisis de variancia de producción total de leche  
corregida por vaca por período (en libras)

T A B L A VII

	Grados de libertad	Suma de cuads.	Cuadrados medios	F.o.(1)
e grupos	3	88.688.60	29.562.86	82.68 <sup>(2)</sup>
e raciones	2	5.284.70	2.642.35	7.39 "
e vacas dentro de grupos	8	31.275.41	3.909.42	10.93 "
e períodos dentro de grupos	8	19.706.17	2.463.27	6.88 "
racción raciones x grupos (3)	6	5.005.55	357.53	
r	14			
	8			
	<u>35</u>			
Total				

Valor de F. observado que se compara con la tabla de F de Snedecor (55) para conocer la significación del ensayo.

Altamente significativa.

El analisis de variancia mostró que las interacciones de raciones por grupos no existieron (ver Apéndice, Sección A. número 3) y por lo tanto este término fué incluido en el error experimental que entonces quedó con 14 grados de libertad en vez de los 8 grados de libertad que tenía originalmente (Tabla VI).



Las diferencias entre las raciones fueron altamente significativas y al efectuar el análisis de las diferencias mínimas entre ellas (ver Apéndice, Sección A. número 3 para proceso matemático) se concluye que la ración A. (pasto Elefante) fué igual a la ración B. (Hojas de banano) y que ambas fueron superiores a la ración C. ("cogollo") en la producción de leche, bajo las condiciones de este ensayo (Tabla VIII).

Las diferencias entre vacas dentro de grupos resultaron también altamente significativas indicándonos que la individualidad influye grandemente en la producción de leche, pero el diseño usado en el presente ensayo elimina del error esta variación. La diferencia significativa encontrada al comparar los períodos dentro de los grupos significa que hubo variación en producción de período a período que pudo ser debida a la individualidad de los animales y a otros varios factores.

#### Consideraciones sobre el "efecto residual"

El diseño experimental usado en este ensayo permite intentar la evaluación del "efecto residual" (ver pags. 40 y 41) o sea la influencia ya sea favorable o desfavorable que pueda persistir en los primeros días después de cambiar una ración, como resultado de la influencia prolongada de la ración anterior. Si existe un "efecto residual" de una ración



sobre otra, los promedios de producción no darán un estimado exacto del efecto de las raciones en estudio y sólo con un ajuste o corrección para el "efecto residual" se podrá arribar a conclusiones exactas.

De los datos presentados en la Tabla IV calculamos la producción total de leche corregida para cada uno de los seis ciclos de raciones del ensayo, sumando los totales para cada dos vacas que recibieron la misma ración durante el experimento (Tabla VIII). La posible existencia de un "efecto residual" durante el primer período fué ignorado y tratamos de evaluar este efecto en el segundo y tercer período experimental.

Observando los datos en la Tabla VIII tenemos que en el II Período, 2 "pares" de vacas, 1 y 6, recibieron la ración de hojas de banano. El par 1, habiendo recibido pasto Elefante previamente, dió un total de 637.45 libras de leche corregida y el par 6 con una ración previa de puntas de caña de azúcar produjo 569.55 libras de leche. La diferencia de 67.90 libras de leche a favor del par 1 que recibió como ración previa pasto Elefante, es un estimado entre el "efecto residual" del pasto Elefante y el del "cogollo" o puntas de caña de azúcar. De la misma manera al comparar los "pares" 3 y 5 obtuvimos una comparación del "efecto residual" de la hoja de banano y del "cogollo"; al comparar los "pares" 2 y 4 se obtuvo la diferencia entre el pasto Elefante y las hojas de banano. Estas mismas

clases de comparaciones se repitieron con los datos del III Período experimental. En las seis comparaciones el "efecto residual" de una ración sobre otra, siguió la tendencia siguiente:

Ración  $A > C$ ;  $C > B$  y  $B > A$

que no corresponden con los resultados directos (pag. 51) que fueron:

Ración  $A = B$ ;  $B > C$  y  $A > C$

indicando estos resultados que efectos residuales reales no existieron en este ensayo particular. Las variaciones diarias en producción de leche de los "pares" de vacas en los diferentes ciclos de raciones, pueden ser observadas en las curvas de lactancia que aparecen en los gráficos 1, 2 y 3. del Apendice.

En el caso de que tanto en las comparaciones del "efecto residual" entre las raciones como en los resultados directos obtenidos por el analisis estadístico, se hubiesen alcanzado los mismos resultados, por ejemplo, que en ambos casos, la tendencia hubiese sido que:

$A = B$ ;  $B > C$  y  $A > C$ ;

esto estaría palpablemente indicando la existencia de efectos residuales y la necesidad por lo tanto de recurrir a ajustes o correcciones de los datos originales según las recomendaciones que aparecen en los trabajos de Cochran y asociados (10) para poder arribar a conclusiones exactas.

B. ANALISIS DE VARIANCIA DE PRODUCCION TOTAL

DE GRASA BUTIROMETRICA

Tomando en consideración la cantidad total de leche que cada vaca produjo por período y el porcentaje de grasa en la misma obtuvimos la producción individual de grasa butirométrica por vaca por período de 28 días, según puede verse en la Tabla IX. La producción total de grasa para cada uno de los 6 ciclos de raciones están recopilados en la Tabla X.

En este caso, como en los sucesivos, el análisis de variancia se realizó de la misma manera que el estadístico de producción total de leche corregida, tratado anteriormente.

El análisis de variancia, usando nuevamente la prueba de F, mostró en este caso que todas las diferencias encontradas fueron altamente significativas. Existieron diferencias significativas entre las raciones al igual que en el análisis de producción de leche, y al analizar las diferencias mínimas significativas entre ellas, resultó que bajo las condiciones de este ensayo, la ración A (pasto Elefante) fué igual a la ración B (hojas de banano) y que ambas fueron superiores a la ración C (puntas de caña de azúcar) en la producción total de grasa butirométrica (Tabla X).

Producción total de leche para cada uno de los seis ciclos de raciones, (totales para 2 vacas, en lbs.)

T A B L A VIII

Períodos	A	B	C	A	B	C
I	688.75	612.15	734.85	587.95	527.65	591.15
II	637.45	618.25	699.10	481.25	455.00	569.55
III	573.20	591.90	739.05	444.60	314.20	517.15
Totales por "Pares"	1.899.40	1.822.30	2.173.00	1.513.80	1.296.85	1.677.85

Gran total: 10.383.25 (Promedio vaca por día = 10.30 lbs.  
(477.63 kg) = 4.74 kgs.

Totales por raciones: A = 3.539.85 lbs. (Promedio vaca por día: 10.54 lbs.  
B =  $\frac{1.628.33 \text{ kgs.}}{3.530.45 \text{ lbs.}}$  " " " 4.85 kgs.  
C =  $\frac{1.624.00 \text{ kgs.}}{3.312.95 \text{ lbs.}}$  " " " 10.51 lbs.  
(1.523.96 kgs.) " " " 4.83 kgs.  
" " " 9.86 lbs.  
" " " 4.53 kgs.

Diferencia mínima significativa entre cada dos raciones:

199.0 lbs.  
~~212.0~~ kgs.  
91.54

A = B; A > C; B > C.

A = Pasto Elefante B = Hojas de banano C = Cogollo

por periodo (total de 28 dias) en lbs.

T A B L A IX

Periodo	GRUPO 1			GRUPO 2			Totales
	Vaca 1	Vaca 2	Vaca 3	Totales	Vaca 4	Vaca 5	
I	A 12.98	B 14.27	C 15.67	A 15.32	B 13.71	C 13.95	42.98
II	B 12.30	C 12.69	A 16.06	C 11.39	A 11.01	B 14.24	36.64
III	C 11.22	A 10.70	B 16.64	B 11.96	C 7.74	A 12.04	31.74
Totales	36.50 (16.79) Kg	37.66 (17.32) Kg	48.37 (22.25) Kg	122.53	38.67 (17.79) Kg	32.46 (14.93) Kg	111.36 (40.23) Kg (18.60) Kg

Periodo	GRUPO 3			GRUPO 4			Totales
	Vaca 7	Vaca 8	Vaca 9	Totales	Vaca 10	Vaca 11	
I	A 14.79	B 11.10	C 13.67	39.56	A 9.81	B 8.40	27.95
II	B 14.17	C 12.10	A 13.00	39.27	C 8.68	A 8.95	26.72
III	C 12.22	A 13.70	B 14.11	40.03	B 7.80	C 5.66	22.39
Totales	41.18 (18.94) Kg	36.90 (16.97) Kg	40.78 (18.76) Kg	118.86	26.29 (12.09) Kg	23.01 (10.58) Kg	77.06 (27.76) Kg (12.77) Kg

A = Pasto Elefante; B = Hojas de banano; C = Puntas de caña o "cogollo"

T A B L A X

Períodos	Pares					
	1	2	3	4	5	6
I	A 27.77	B 25.37	C 29.34	A 25.13	B 22.11	C 23.69
II	B 26.47	C 24.79	A 29.06	C 20.07	A 19.96	B 23.33
III	C 23.44	A 24.40	B 30.75	B 19.76	C 13.40	A 20.97
Totales por "pares"	77.68	74.56	89.15	64.96	55.47	67.99
Gran total:	429.81	(197.71 kg.)	(Promedio vaca por día: = 0.426 lbs. = 0.196 kgs.)			

Totales por raciones:	A = 147.29 lbs.	(Promedio vaca por día: 0.438 lbs.)
	B = (67.75 kgs.)	(0.201 kgs.)
	C = 147.79 lbs.	(0.439 lbs.)
	(67.98 kgs.)	(0.202 kgs.)
	134.73 lbs.	(0.400 lbs.)
	(61.97 kgs.)	(0.184 kgs.)

Diferencia mínima significativa entre cada dos raciones:

8.21 lbs.  
~~3.77~~ kgs.  
 3.77 kgs.  
 A = B; A > C; B > C.

A = Pasto Elefante B = Hojas de banano C = Cogollo

El análisis de variancia completo está expresado en el cuadro a continuación:

Análisis de variancia de producción total de grasa butirométrica por vaca por periodo

(en libras)

T A B L A X I

	Grados de libertad	Suma de cuads.	Cuadrados medios	F. o.
tre grupos	3	144.05	48.01	78.70 (1)
tre raciones	2	15.69	7.84	12.85 "
tre vacas dentro de grupos	8	47.48	5.93	9.72 "
tre periodos dentro de grupos	8	30.15	3.76	6.16 "
teracción raciones x grupos	6	8.63	0.61	
ror	8			
	<u>35</u>	<u>246.00</u>		

) Altamente significativa

) Al ser la interacción de raciones por grupos nula, este término fué incluido en el error experimental.

C. ANÁLISIS DE VARIANCIA DE PORCENTAJE DE GRASA

BUTIROMÉTRICA EN LA LECHE

Las vacas en experimentación cuando consumieron pasto Elefante tuvieron una prueba de grasa en promedio de 4.48%, que bajo la ración de hojas de banano fué 4.56% y 4.27% cuando los animales consumieron la ración de "cogollo" o puntas de caña de azúcar. El análisis de variancia completo está recopilado en la Tabla XII.



Analisis de variancia de porcentaje de grasa butirométrica en la leche; porcentaje-promedio por vaca por período.

T A B L A XII

	Grados de libertad	Suma de cuads.	Cuadrados medios	F.o.
grupos	3	1.94	0.646	11.13 <sup>(1)</sup>
raciones	2	0.82	0.410	7.06 "
vacas dentro de grupos	8	7.31	0.914	15.75 "
períodos dentro de grupos	8	0.76	0.095	1.63
acción raciones x grupos (2)	6			
	14	0.81	0.058	
	8			
Total	<u>35</u>			

Altamente significativa.

Las interacciones de raciones por grupos no existieron y por lo tanto este término fué incluido en el error experimental.

La diferencia mínima significativa fué en este caso ~~0.210%~~ <sup>0.210%</sup>, deduciéndose que en relación al porcentaje de grasa en la leche las raciones en el presente estudio resultaron colocadas en el siguiente orden:

$$B = A; A \geq C; B > C.$$

D. ANALISIS DE VARIANCIA DE CONSUMO TOTAL

DE MATERIA SECA

El consumo individual de materia seca contenida en los forrajes por vaca por período, está expresado en la Tabla XIII

T A B L A XIII

GRUPO 1

GRUPO 2

Período	V a c a			Totales			V a c a			Totales	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
I	A 210.31	B 176.18	C 209.15	A 218.19	B 172.46	C 205.96	595.64	A 218.19	B 172.46	C 205.96	596.61
II	B 193.80	C 250.83	A 265.75	C 246.62	A 264.69	B 192.33	710.38	C 246.62	A 264.69	B 192.33	703.64
III	C 268.82	A 315.17	B 268.44	B 260.16	C 272.03	A 305.29	852.43	B 260.16	C 272.03	A 305.29	837.48
Totales	672.93 (309.55) Kg	742.18 (341.40) Kg	743.34 (341.94) Kg	724.97 (333.49) Kg	709.18 (326.22) Kg	703.58 (323.65)	2.158.45	724.97 (333.49) Kg	709.18 (326.22) Kg	703.58 (323.65)	2.137.73

GRUPO 3

GRUPO 4

Período	V a c a			Totales			V a c a			Totales	
	7	8	9	10	11	12	13	14	15		
I	A 225.36	B 170.77	C 201.00	A 207.05	B 182.35	C 194.45	597.13	A 207.05	B 182.35	C 194.45	583.85
II	B 192.20	C 248.52	A 264.32	C 249.42	A 267.69	B 195.06	705.04	C 249.42	A 267.69	B 195.06	712.17
III	C 267.52	A 305.00	B 257.29	B 261.15	C 271.61	A 306.48	829.81	B 261.15	C 271.61	A 306.48	839.24
Totales	685.08 (315.14) Kg	724.29 (333.17) Kg	722.61 (332.40) Kg	717.62 (330.10) Kg	721.65 (331.96) Kg	695.99 (320.15)	2.131.98	717.62 (330.10) Kg	721.65 (331.96) Kg	695.99 (320.15)	2.135.26

I = Pasto Elefante; B = Hojas de banano; C = Cogollo.

Analisis de variancia de consumo de materia seca; consumo total por vaca por periodo (en libras)

T A B L A X I V

	Grados de Libertad	Suma de cuadrs.	Cuadrados medios	F. o.
Entre grupos	3	47.70	15.90	0.14
Entre raciones	2	16.937.40	8.468.70	79.47 (1)
Entre vacas dentro de grupos	8	1.620.42	202.55	1.90
Entre periodos dentro de grupos	8	40.651.14	5.081.39	47.68 "
Interacción raciones x grupos (2)	6	1.491.90	106.56	
Error	8			
	<u>35</u>	<u>60.748.56</u>		

(1) Altamente significativa

(2) Al ser nula la interacción de raciones por grupos, este término fué incluido en el error experimental.

Analizando estadísticamente estos datos (Tabla XIV), se encontró que las diferencias entre grupos y las diferencias entre vacas dentro de grupos no fueron significativas, lo que quiere decir que hubo muy poca variación en la cantidad de materia seca consumida por las doce vacas de experimentación.

Las diferencias entre raciones fueron altamente significativas (Tabla XIV) y al analizar la diferencia mínima

significativa entre ellas se concluye que los animales cuando consumieron pasto Elefante ingirieron al mismo tiempo mayor cantidad de materia seca. El consumo de materia seca fué mínimo cuando los animales estuvieron sujetos a la ración de hojas de banano e intermedio al recibir "cogollo" o puntas de caña. De esta manera las raciones bajo estudio en este experimento en lo referente a la cantidad de materia seca suministrada quedaron en el siguiente orden:

$A > C > B$ . (Tabla XV)

**E. CONSUMO TOTAL Y PROMEDIO DE FORRAJES FRESCOS  
Y MATERIA SECA**

El pasto Elefante en este ensayo, fué el forraje más apetecido por las vacas en experimentación, seguido por las puntas de cañas y las hojas de banano. También guardaron el mismo orden en la cantidad total de materia seca suministrada por animal (Tabla XV) y en el porcentaje de materia seca encontrada en los referidos forrajes al estado fresco. En el cuadro a continuación aparecen los datos concernientes al consumo total y promedio de materia seca y de forrajes frescos por los animales, bajo las condiciones del presente estudio.

de raciones (totales para 2 vacas, en lbs.)

T A B L A XV

Períodos	P a r e s					
	1	2	3	4	5	6
I	A 435.67	B 346.95	C 410.15	A 425.24	B 354.81	C 400.41
II	B 386.00	C 499.35	A 530.07	C 496.04	A 532.38	B 387.39
III	C <u>536.34</u>	A <u>620.17</u>	B <u>525.73</u>	B <u>521.31</u>	C <u>543.64</u>	A <u>611.77</u>
Totales						
por "pares"	1.358.01	1.466.47	1.465.95	1.442.59	1.430.83	1.399.57

Gran total: 8.563.42  
(3.939.17 kg)

(Promedio consumo vaca por día = 8.49 lbs.  
= 3.90 kgs.)

Totales por raciones:	A =	3.155.30 lbs.	(Promedio vaca por día:	9.39 lbs.
	B =	<u>(1.451.44 kgs.)</u>	" "	(4.32 kgs.)
	C =	2.522.19 lbs.	" "	7.50 lbs.
		<u>(1.160.21 kgs.)</u>	" "	(3.45 kgs.)
		2.885.93 lbs.	" "	8.58 lbs.
		<u>(1.327.53 kgs.)</u>	" "	(3.95 kgs.)

Diferencia mínima  
significativa entre  
cada dos raciones:

108.47  
 lbs.)  
 kgs.)  
49.89

A > C > B.

A = Pasto Elefante B = Hojas de banano C = Cogollo

Consumo total de forrajes frescos y materia seca por las 12 vacas; promedio de consumo por vaca por día. Porcentaje de materia seca en los forrajes (en libras)

T A B L A XVI

	<u>Forrajes frescos</u>		<u>Materia seca</u>		
	Mater. seca %	Consumo total experimento 12 vacas	Consumo promedio vaca/día	Cons. total experimento 12 vacas	Consumo promedio vaca/día
Elefante	21.55	14.545.00 (6.690.70) Kg	43.28 (19.91) Kg	3.155.30 (1.451.44) Kg	9.39 (4.32) kg
banano	18.75	13.380.00 (6.154.80) Kg	39.82 (18.32)	2.522.19 (1.160.21) Kg	7.50 (3.45) Kg
gollo"	20.44	14.222.00 (6.542.12) Kg	42.32 (19.47) Kg	2.885.93 (1.327.53) Kg	8.58 (3.95) Kg

F. ANALISIS DE VARIANCIA DEL PESO VIVO

DE LOS ANIMALES

Con el objeto de uniformar los datos, las diferencias entre el peso inicial y final de cada animal en los diferentes períodos experimentales fueron expresados en porcentajes de aumento o disminución en relación al peso inicial. Para tener todas las diferencias con signos positivos se tomó como base la diferencia negativa máxima.

Estas diferencias fueron analizadas como bloques al azar, tomando los períodos como repeticiones. El resultado del analisis de variancia completo aparece en la tabla a

continuación:

Analisis de variancia de peso vivo

T A B L A XVII

	<u>Grados de libertad</u>	<u>Suma de cuads.</u>	<u>Cuadrados medios</u>	<u>F. o.</u>
Tratamientos (raciones)	2	70.59	35.30	7.18 (1)
Repeticiones (periodos)	2	44.30	22.15	4.50 (2)
Error	<u>31</u>	<u>152.47</u>	4.92	
Total	35	267.36		

---

(1) Altamente significativa

(2) Significativa

---

Las diferencias entre raciones (tratamientos) fueron altamente significativas y al analizar la diferencia mínima significativa entre ellas se concluye que en lo referente a peso vivo de los animales las raciones bajo las condiciones de nuestro ensayo quedaron colocadas en el orden siguiente:

$$B > A = C^{1/}$$

---

1/ Los pesos promedio de las vacas bajo las diferentes raciones fueron: Hojas de banano: 403.86 Kg.; Pasto Elefante: 396.22 Kg "Cogollo": 394.74 kg.

#### G. ASPECTO ECONOMICO

Un analisis económico somero de los gastos de corte, transporte y picado de los forrajes bajo estudio, no mostró diferencias apreciables en costo entre ellos, siendo el valor por 100 libras de forraje fresco alrededor de \$1.00<sup>1/</sup> (un colon, moneda de Costa Rica) en los tres casos. Tratándose del pasto Elefante habría que agregar los gastos de siembra, cultivo, etc., del pastizal, lo que lo haría menos económico de producir que las hojas de banano y el "cogollo" o puntas de caña, que se obtuvieron como subproductos de los cultivos de café y caña de azucar respectivamente. De esto se concluye que bajo las condiciones del presente estudio las hojas de banano y las puntas de caña de azucar pudieron ser consideradas como más baratas que el pasto Elefante, en la alimentación de vacas lecheras.

---

1/ \$2.17 colones por 100 kilos.



V. DISCUSSION

### DISCUSION

Un conjunto de factores, en su mayor parte incontrolables, pueden haber influenciado los resultados obtenidos en el presente estudio. La falta de conocimiento sobre la exacta capacidad productiva y las variaciones en la curva de lactancia de los animales en experimentación, ocasionada por la carencia de datos completos de lactancias anteriores, fué un obstáculo para la selección y agrupación de las vacas en completo acuerdo con los requerimientos del diseño experimental usado.

Los animales en experimentación; además de recibir los forrajes de "corte" bajo estudio, estuvieron sometidos también a un regimen de pastoreo y por lo tanto desconocemos la influencia que las variaciones en éste pudieron haber tenido en las diferencias en producción encontradas, o su posible interacción con los forrajes de "corte." Quizás esta fuera también la causa por la cual el "efecto residual" de una ración sobre otra fué imposible de determinar en el analisis de producción total de leche corregida.

En las determinaciones del porcentaje de grasa en la leche de las diferentes vacas en experimentación, notamos una variación individual bastante grande de prueba a prueba, aunque estas no se realizaron con la frecuencia que hubiese sido de desear. Esta observación corroborada con experiencias

posteriores realizadas en este Instituto, hacen pensar en la necesidad de estudios complementarios al respecto, pues según parece, las variaciones en el porcentaje de grasa en la leche, que se han observado bajo estas condiciones en las vacas con cruce zebú son quizás más notables que las que se presentan en las vacas lecheras de climas templados.

Las raciones cuya composición química presentaban un mayor porcentaje de extracto etéreo o grasa resultaron las más valiosas tanto en producción total de leche como en total de grasa butirométrica producida, lo que está de acuerdo con experiencias llevadas a cabo en la Universidad de Cornell durante los últimos años ( 35, 38).

En lo referente al consumo de forrajes frescos de "corte," por cada vaca, en este ensayo, se puede considerar que las cantidades ingeridas fueron bastante bajas, resultando éste también indicado por experiencias realizadas en <sup>otras</sup> zonas tropicales del mundo, que concuerdan en la posibilidad de que los animales en los trópicos, consumen menos cantidad de alimentos toscos en relación a su peso, que los animales de zonas templadas. Duckworth (16) sostiene que cuando se alimentan vacas de zonas tropicales con forrajes nativos exclusivamente, se presenta un marcado déficit de energía y proteínas en relación con los requerimientos teóricos del animal, en contraste con el exceso de nutrimentos que obtienen las vacas en zonas templadas alimentadas con grandes cantidades de forrajes de

alto valor nutritivo. El referido investigador encontró en experiencias llevadas a cabo en Trinidad, que las vacas consumieron diariamente 51 libras de pasto Elefante fresco y 46 libras cuando se les suministró en forma de ensilaje, puntualizando Duckworth que estas cantidades son más o menos la mitad de los que consume normalmente el ganado alimentado con pastos de zonas templadas. Bajo nuestras condiciones el consumo de los diferentes forrajes por vaca por día, fué como sigue: pasto Elefante 43.28 libras; hojas de banano 39.82 libras; y puntas de caña de azúcar o "cogollo" 42.32 libras. Estas cantidades también se pueden considerar inferiores a los "standards" de zonas templadas, aunque los animales hayan estado sometidos en este caso a un régimen adicional de pastoreo.

Por otra parte Robinson (64), de sus experiencias en Barbados, afirma que vacas alimentadas con pastos tropicales suplementados con concentrados de alto contenido de proteínas y suministrados en la elevada proporción de una libra de mezcla por más o menos 2.2 libras de leche producida, llegaron a cubrir sus requerimientos teóricos de mantenimiento con respecto a nutrientes digestibles totales; esta práctica de alimentar a las vacas lecheras con grandes cantidades de concentrados parece ser también común en Hawái (28). Aquí hemos abordado un punto de vital importancia como es el aspecto económico; como bien sabemos, los concentrados en el trópico son escasos y costosos y por lo tanto no podemos confiar

en ellos para producir leche bajo condiciones económicas. Por lo tanto, aunque los requerimientos alimenticios de los animales en el trópico puedan ser cubiertos por medio de suplementos concentrados, los esfuerzos de la investigación ganadera en los países tropicales deben encaminarse a solucionar el problema del bajo consumo de forrajes por los animales en estas zonas, y por ende su deficiente contribución a cubrir los requerimientos del animal para producir leche eficientemente. Los forrajes son la fuente más barata de alimentos para el ganado y sin su preferente contribución será materialmente imposible llegar a producir grandes cantidades de leche económicamente en estas regiones.

La causa del bajo consumo de forrajes toscos por los animales en el trópico es explicada de diferentes modos por los investigadores que han estudiado este problema; las experiencias hasta el presente no son conclusivas como para poder arribar a aseveraciones precisas, pero numerosas observaciones tienden a demostrar que deben existir varios factores ajenos al factor clima, como deficiencias nutritivas, raciones inbalanceadas, diferencias fisiológicas de adaptación al medio entre los animales, características físicas de los pastos etc., que contribuyen a que los animales consumen en muchos casos menos cantidad de forrajes en el trópico, en relación a su peso, que los animales de zonas templadas.

En experiencias realizadas en Hawaii (29) se comparó

el pasto Elefante (Napier) con un subproducto (strip cane) de la caña de azúcar, compuesto por las hojas superiores de la planta e incluyendo las envolturas o vainas del tallo (llamadas "Yagua" en algunos países), y el cogollo o puntas de caña. La producción de leche favoreció ligeramente al grupo del pasto Elefante, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas. Aunque el subproducto de la caña de azúcar usado en el experimento de Hawaii, difiere bastante con el usado en el presente trabajo, las conclusiones del referido experimento son dignas de comentar. El subproducto de caña fué relativamente bajo en porcentaje de humedad y pruebas de digestibilidad llevadas a cabo, mostraron que las proteínas del mismo probaron ser nodigeribles, aunque los investigadores que realizaron este trabajo dicen que el Dr. S. H. Work ha demostrado que las proteínas de este subproducto de la caña son parcialmente digeribles cuando se consumen con mezclas concentradas. Otro punto interesante fué el bajo consumo de forraje observado, 23.5 libras del subproducto de caña y 61.2 de pasto Elefante por vaca por día, aunque hay que añadir que las vacas recibieron alrededor de 17 libras de una mezcla de concentrados, lo que desmerece en algo los resultados observados en el referido experimento, porque los animales ingirieron una cantidad pequeña de los forrajes bajo estudio. En el presente ensayo, nosotros encontramos diferencias palpables a favor del pasto Elefante cuando se le comparó con el "cogollo" o puntas de

caña, bajo condiciones que nos parecen más favorables para llegar a conclusiones sobre el valor de los forrajes.

Del estudio detenido de los datos del presente experimento resaltan algunas observaciones muy interesantes con respecto al valor alimenticio de las hojas de banano como alimento de vacas lecheras. Las vacas cuando recibieron la ración de hojas de banano produjeron tanta leche y grasa como cuando consumieron la ración de pasto Elefante y mucho más que cuando la ración fué de puntas de caña de azúcar o "cogollo". Además las vacas cuando estuvieron bajo la ración de hojas de banano aumentaron levemente de peso en relación al peso inicial que tenían al comenzar el experimento, mientras que bajo las otras dos raciones bajaron de peso. Sin embargo, las vacas consumieron diariamente mayor cantidad de pasto Elefante y "cogollo" que hojas de banano y a la vez aquellos forrajes suplieron mayor cantidad de materia seca que éstas, por vaca por día.

Esto pone de manifiesto las características alimenticias que indudablemente poseen las hojas de banano y que puede tener su explicación, entre otros factores, en el alto contenido de proteínas de las mismas (Proteína bruta 13.90%), que bajo las presentes condiciones fué alrededor de dos veces y media superior al contenido de proteínas encontrado en el pasto Elefante (5.77%) y en las puntas de caña de azúcar o "cogollo" (4.98%).

Las proteínas presentes en las hojas de banano tienen aparentemente un alto coeficiente de digestibilidad

que en experiencias en El Salvador (34) fué de 75.65%, valor éste que se compara con los obtenidos en pruebas de digestibilidad realizadas con gramíneas y leguminosas de probado valor nutritivo como el pasto azul de Kentucky y la alfalfa, y que es muy superior a los coeficientes de digestibilidad de proteínas que se han encontrado para el pasto Elefante en Brasil, 58.92% (32); Puerto Rico 55.00% (4); Hawaii 53.00% (59); lo mismo que para las puntas de caña de azúcar o "cogollo" en Estados Unidos de América, que fué de 54.00% (41).

Otra observación importante de anotar con respecto a las hojas de banano es que las vacas cuando recibieron esta ración no presentaron en ningún momento signos de diarrea, molestia que según creencias locales se produce al alimentar vacas lecheras con hojas de banano.

Experiencias realizadas por French (21) en el Este de Africa corroboran esta afirmación aunque en este caso se usó la planta entera (vástago y hojas); coincidiendo también con creencias locales, French observó que los animales alimentados con vástago y hojas de banano se mantuvieron en buena forma, presentando el pelo lustroso y atractivo.

La similitud de resultados obtenidos en la comparación de las raciones en los diferentes aspectos estudiados, como producción total de leche corregida, producción total de grasa butirométrica y porcentaje de grasa en la leche, fortifican la exactitud de las diferencias encontradas entre las tres raciones que se probaron en el presente experimento.



VI CONCLUSIONES

## CONCLUSIONES

### 1. Producción total de leche corregida

La ración de pasto Elefante fué igual a la ración de hojas de banano y ambas fueron superiores a la de puntas de caña o "cogollo" en la producción de leche. Las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas al nivel del 1%. Las vacas en experimentación produjeron 6.84% más leche cuando recibieron pasto Elefante que cuando se les suministraron puntas de caña. Cuando las vacas consumieron hojas de banano la producción de leche fué 6.56% más alta que cuando la ración fué de puntas de caña.

### 2. Producción total de grasa butirométrica

La diferencia en producción total de grasa butirométrica entre los animales que consumieron pasto Elefante y los que consumieron hojas de banano no fueron significativas estadísticamente, pero ambas raciones fueron superiores a la ración de puntas de caña o "cogollo" en la producción de grasa. Las diferencias fueron estadísticamente significativas al nivel del 1%. Cuando las vacas recibieron la ración de hojas de banano produjeron 9.69% más grasa butirométrica que cuando consumieron puntas de caña o "cogollo". Igualmente las vacas que consumieron pasto Elefante produjeron 9.32% más grasa cuando se les comparó con los que recibieron puntas de caña de azúcar.

### 3. Porcentaje de grasa butirométrica en la leche

Las vacas en experimentación cuando estuvieron sometidas a la ración de pasto Elefante tuvieron una prueba de grasa en promedio de 4.48%, que bajo la ración de hojas de banano fué 4.56% y 4.27% en el caso del "cogollo". La diferencia entre el pasto Elefante y las hojas de banano no fueron estadísticamente significativas, pero las diferencias entre estas dos raciones y la ración de "cogollo" si fueron estadísticamente significativas al nivel del 1%.

### 4. Consumo total de forrajes frescos y de materia seca

El pasto Elefante fué 8.70% más apetecido que las hojas de banano en términos de consumo total de forrajes frescos por animal. En consumo de materia seca se encontró que las vacas consumieron 25.10% más materia seca cuando comieron pasto Elefante que cuando comieron hojas de banano. Las puntas de caña de azúcar o "cogollo" suministraron 14.42% más materia seca por vaca al día, que las hojas de banano y fueron 6.29% más apetecidas por los animales que éstas. Las diferencias encontradas en consumo total de materia seca fueron estadísticamente significativas al nivel del 1%.

### 5. Peso vivo de las vacas en el experimento

Las vacas cuando estuvieron bajo la ración de hojas

de banano aumentaron levemente de peso en relación al peso que tenían al comenzar el experimento. En el caso de las otras dos raciones, las vacas bajaron de peso. Las diferencias fueron estadísticamente significativas al nivel de 1%.

#### 6. Aspecto económico

Los gastos de corte, transporte y picado de los forrajes bajo estudio, no mostraron diferencias apreciables en costo entre ellos, siendo el valor de 100 kilos de forraje fresco alrededor de ₡2.17 colones (moneda de Costa Rica) en los tres casos. Sin embargo, bajo las condiciones del presente ensayo, las hojas de banano y las puntas de caña de azúcar o "cogollo", por haber sido obtenidos como subproductos de otros cultivos pudieron ser considerados como más económicos que el pasto Elefante por los gastos extras de siembra, cultivo, etc., que ocasionó la producción de éste.

VII SUMARIO

SUMARIO

En el presente trabajo se estudió el valor del pasto Elefante (*Pennisetum purpureum*), hojas de banano (*Musa sapientum*, de la variedad conocida localmente como "guineo caribe") y puntas de caña de azúcar o "cogollo" (*Saccharum officinarum*, variedad P. O. J. 2878) en la producción de leche. Se usó como método experimental el tipo de diseño de "doble cambio" (double changeover) con doce vacas. En esta clase de diseño, cada grupo de tres animales constituye un experimento separado, del tipo conocido como cuadrado Latino de 3 x 3. Se procuró que los animales dentro de los grupos fuesen lo más similares posible con respecto a producción de leche y características de sus curvas de lactancia. El manejo de los animales fué tendiente a que comiesen el máximo de forrajes de "corte," mientras permanecían en el establo de las cuatro y media de la mañana a las tres y media de la tarde. El resto del tiempo las vacas estuvieron todas juntas en un potrero, en regulares condiciones, de pasto Bahía (*Paspalum notatum*) y Melaza (*Melinis minutiflora*). Se ordeñó a las vacas dos veces al día y se llevaron apuntes diarios de producción de leche y se efectuaron dos pruebas por período del contenido de grasa en la leche de cada vaca. Las producciones de leche fueron corregidas al equivalente calórico de 4% de grasa. Se llevaron apuntes del consumo diario individual de los diferentes forrajes y se efectuaron determinaciones del porcentaje de humedad en los mismo, dos veces por período. Las vacas

recibieron como suplemento adicional melaza de caña de azúcar mezclada con los forrajes, en la proporción de una libra por cada cuatro libras de leche corregida producida. Se ajustó o corrigió este suplemento cada 14 días, según el método de H. L. Lucas.

El análisis estadístico de los resultados se realizó siguiendo el mismo método que el análisis de cuadrados latinos en los experimentos fitotécnicos, obteniéndose las siguientes conclusiones: la ración de pasto Elefante fué igual a la ración de hojas de banano y ambas fueron superiores a la ración de "cogollo" en la producción de leche, siendo las producciones 6.84% y 6.56% superiores a favor del pasto y las hojas respectivamente cuando se compararon con la ración de "cogollo". Resultados similares se obtuvieron en el análisis de producción total de grasa y en el porcentaje de la misma en la leche. En todos los casos las diferencias encontradas fueron estadísticamente significativas.

El pasto Elefante fué 8.70% más apetecido que las hojas de banano y las puntas de caña 6.29% más que éstas, en términos de consumo total de forrajes frescos. En lo referente a materia seca ingerida, el pasto Elefante suplió 25.10% y el "cogollo" 14.42% más materia seca por vaca por día que las hojas de banano. Las diferencias en consumo de materia seca fueron estadísticamente significativas. Las

vacas bajo la ración de hojas de banano aumentaron levemente de peso en relación al peso inicial que tenían al comenzar el experimento; bajo las otras dos raciones rebajaron de peso. Las diferencias fueron estadísticamente significativas. Económicamente las hojas de banano y el "cogollo" resultaron más baratos que el pasto Elefante.

Por haber estado las vacas sometidas a un regimen de pastoreo, además de estar recibiendo forrajes de "corte", se desconoce la influencia que las variaciones en éste pudieron haber tenido en las diferencias encontradas entre raciones, sin embargo, la similitud de resultados que se obtuvieron en la comparación de las raciones bajo diferentes puntos de vista fortifican la exactitud de las diferencias encontradas entre las raciones estudiadas.



VIII SUMMARY AND CONCLUSIONS

### SUMMARY AND CONCLUSIONS

A feeding trial was carried out to test the feeding value of Elephant grass (*Pennisetum purpureum*), banana leaves (*Musa sapientum*, variety known locally as "caribbean banana") and sugar cane tops (*Saccharum officinarum*, variety P. O. J. 2878) in milkproduction. The experiment was of the double change-over type with 12 cows. With this design, each group of three cows constitutes an independent experiment, of a type known as the 3 x 3 Latin square. The three cows within each group being chosen as similar as possible according to their milkproduction and persistency of milk production. The cows received the roughages at lib. from 4½ am. to 3½pm.; the remaining of the day they were on pasture (Bahía grass, *Paspalum notatum*) and Molasses grass (*Melinis minutiflora*). The cows were milked twice a day and daily milk production and feed consumption records for each cow were kept. A butterfat test for each cow was run two times per period as well as green roughage samples for dry matter content determination. The milk yields of cows were corrected to a 4% butterfat content. A supplement of cane molasses was fed at the rate of 1 pound to 4 pounds of corrected milk produced per cow. This was to be adjusted every 14 days according to Lucas's method of equalized feeding.

1. Total milk (corrected) production

Elephant grass and banana leaves were equal in milk production; both were superior to sugar cane tops. The differences were significant statistically at the 1% level. Milk production was 6.84% greater on Elephant grass than on sugar cane tops and 6.56% higher on banana leaves than on cane tops.

2. Total butterfat production

Elephant grass and banana leaves were equal in butterfat production; both being better than sugar cane tops. The differences were significant statistically at the 1% level. Butterfat production was 9.32% higher on Elephant grass than on cane tops and 9.69% greater on banana leaves than on sugar cane tops.

3. Butterfat percentage

The average butterfat content of milk of the cows under the Elephant grass ration was 4.48%; under banana leaves it was 4.56% and when the cows received sugar cane tops 4.27%. Differences in butterfat percentage between Elephant grass and banana leaves were not statistically significant but the differences between the two named rations and sugar cane tops were significant statistically at the 1% level.

4. Total green roughages and dry matter consumption

Elephant grass was 8.70 more palatable than banana leaves and the grass supplied 25.10% more dry matter per cow per day than de leaves. Sugar cane tops supplied 14.42% more dry matter per cow per day than banana leaves and also it was 6.29% more palatable than banana leaves.

5. Average liveweights of the experimental cows

The cows when under banana leaves ration gained slightly in weight, although under the two other rations the cows lost some weight. These differences were statistically significant at the 1% level.

6. Economical aspect .

Under the prevailing conditions, banana leaves and sugar cane tops utilized as by-products of other industries were considered more economical than Elephant grass for dairy cattle feeding.

A P E N D I C E

APENDICE - Sección A

1. Analisis de variancia de producción de leche por grupos (cada cuadrado Latino independientemente). Datos tomados de la Tabla IV, página 48.

Grupo 1		
A	B	C
333.30	309.10	277.70
261.80	342.45	315.75
382.10	392.80	389.45
<u>977.20</u>	<u>1.044.35</u>	<u>982.90</u>

Factor de Corrección:  $(3.004.45)^2/9 = 1.002.968.86$

Tratamiento

Suma de cuadrados entre raciones:

$$\frac{(977.20)^2 + (1.044.35)^2 + (982.90)^2}{3} - F.C. = 924.19$$

Hileras

Suma de cuadrados de períodos dentro de grupos:

$$\frac{(1.065.20)^2 + (1.006.95)^2 + (932.30)^2}{3} - F.c. = 2.958.68$$

Columnas

Suma de cuadrados entre vacas dentro de grupos:

$$\frac{(920.10)^2 + (920.00)^2 + (1.164.35)^2}{3} = F.c. = 13.262.78$$

Suma total de cuadrados:

$$(333.30)^2 + \dots + (389.45)^2 - F.c. = 18.252.98$$

Error

Suma de cuadrados:

$$(18.252.98) - (924.19 + 2.958.68 + 13.262.78) = 1.107.33$$

R e s u m e n

	Suma de cuadrados
<u>Tratamiento</u>	
Entre raciones	924.19
<u>Hileras</u>	
Períodos dentro de grupos	2.958.68
<u>Columnas</u>	
Entre vacas dentro d. grupos	13.262.78
Error	1.107.33
Total	<u>18.252.98</u>

1/ Estos resultados aparecen en la Tabla V, página 49

Grupo 2

A	B	C
361.20	269.20	285.05
240.75	303.65	170.70
301.00	349.40	348.85
<u>902.95</u>	<u>922.25</u>	<u>804.60</u>

Factor de corrección:  $(2.629.80)^2 / 9 = 768.427.56$

Tratamiento

Suma de cuadrados entre raciones:

$$\frac{(902.95)^2 + (922.25)^2 + (804.60)^2}{3} - F. c. = 2.654.08$$

Hileras

Suma de cuadrados de períodos dentro de grupos:

$$\frac{(1.013.70)^2 + (875.20)^2 + (740.90)^2}{3} - F. c. = 12.404.28$$

Columnas

Suma de cuadrados entre vacas dentro de grupos:

$$\frac{(915.45)^2 + (715.10)^2 + (999.25)^2}{3} - F. c. = 14.211.53$$

Suma total de cuadrados =  $(361.20)^2 + \dots + (301.00)^2 =$   
F. c. = 29.440.08

Error

Suma de cuadrados

$$(29.440.08) - (2.654.08 + 12.404.28 + 14.211.53) = 170.19$$

Resumen<sup>1/</sup>

	Suma de cuadrados
<u>Tratamiento</u>	
Entre raciones	2.654.08
<u>Hileras</u>	
períodos dentro de grupos	12.404.28
<u>Columnas</u>	
Entre vacas dentro de grupos	14.211.53
<u>Error</u>	<u>170.19</u>
Total	29.440.08

1/ Estos resultados aparecen en la Tabla V, pagina 49

Grupo 3

A	B	C
355.45	328.35	295.50
330.10	269.70	302.50
<u>317.00</u>	<u>346.25</u>	<u>345.45</u>
1.002.55	944.30	943.45

Factor de corrección:  $(2.890.30)^2 / 9 = 928.203.78$

Tratamiento

Suma de cuadrados entre raciones:

$$\frac{(1.002.55)^2 + (944.30)^2 + (943.45)^2}{3} - F. c. = 765.18$$

Hileras

Suma de cuadrados de períodos dentro de grupos:

$$\frac{(970.60)^2 + (947.85)^2 + (971.85)^2}{3} - F. c. = 121.68$$

Columnas

Suma de cuadrados entre vacas dentro de grupos:

$$\frac{(979.30)^2 + (902.30)^2 + (1.008.70)^2}{3} - F. c. = 2.012.71$$

Suma total de cuadrados:

$$(355.45)^2 + \dots + (346.25)^2 - F. c. = 6.199.01$$

Error

Suma de cuadrados:

$$(6.199.01) - (765.18 + 121.68 + 2.012.71) = 3.299.44$$

R e s u m e n

Suma de cuadrados

<u>Tratamiento</u>	
Entre raciones	765.18
<u>Hileras</u>	121.68
Períodos dentro de grupos	
<u>Columnas</u>	
Entre vacas dentro de grupos	2.012.71
<u>Error</u>	3.299.44
Total	<u>6.199.01</u>

1/ Estos resultados aparecen en la Tabla V, pag. 49



Grupo 4

A	B	C
226.75	175.40	196.20
214.25	224.00	143.50
216.15	220.15	242.30
<u>657.15</u>	<u>619.55</u>	<u>582.00</u>

Factor de corrección:  $(1.858.70)^2/9 = 383.862.85$

Tratamiento

Suma de cuadrados entre raciones

$$\frac{(657.15)^2 + (619.55)^2 + (582.00)^2}{3} - F.c. = 941.25$$

Hileras

Suma de cuadrados de períodos dentro de grupos

$$\frac{(693.05)^2 + (630.60)^2 + (535.05)^2}{3} - F.c. = 4.221.53$$

Columnas

Suma de cuadrados entre vacas dentro de grupos

$$\frac{(598.35)^2 + (581.75)^2 + (678.60)^2}{3} - F.c. = 1.788.39$$

Suma total de cuadrados -

$$(226.75)^2 + \dots + (216.15)^2 - F.c. = 7.379.76$$

Error

suma de cuadrados

$$(7.379.76) - (941.25 + 4.221.53 + 1.788.39) = 428.59$$

Resumen<sup>1/</sup>

	Suma de cuadrados
<u>Tratamiento</u>	
Entre raciones	941.25
<u>Hileras</u>	
Entre períodos dentro de grupos.	4.221.53
<u>Columnas</u>	
Entre vacas dentro de grupos	1.788.39
<u>Error</u>	<u>428.59</u>
Total	7.379.76

1/ Estos resultados aparecen en la Tabla V, pag. 49

Sección A

2. Cálculo de la suma de cuadrados "entre grupos" y de la interacción de "raciones x grupos."

Suma de cuadrados "entre grupos"; (datos tomados de la Tabla IV, página 48).

$$S. c. = \frac{(2.004.45)^2}{9} + (2.629.80)^2 + (2.890.30)^2 + (1.858.70)^2 - F. c. (exper.comp.) = 88.688.60$$

Raciones x Grupos (interacciones): (datos tomados de la Tabla IV, página 48).

$$S. c. = \frac{(977.20)^2}{3} + \frac{(1.044.35)^2}{3} + \frac{(982.90)^2}{3} + \frac{(902.95)^2}{3} + \frac{(804.60)^2}{3} + \frac{(1.002.55)^2}{3} + \frac{(943.45)^2}{3} + \frac{(657.15)^2}{3} + \frac{(619.55)^2}{3} + \frac{(582.00)^2}{3} - F. c. \frac{1}{(exp.comp.)} = 93.973.30;$$

$$93.973 - (88.688.60 \text{ (S. c. entre grupos)} + 5.284.70 \text{ (S. c. entre raciones 4 grupos combinados, Tabla V, página 49)}) = 93.973.00 - 93.973.00 = 0 \text{ (no existió interacción)}$$

---

1/ Factor de corrección del experimento completo (tomando en cuenta los 4 cuadrados Latinos combinados)  $F. c. = (10.383.25)^2 / 36 = 2.994.774.46$ ;  $10.383.25$  es el gran total (ver Tabla VIII, página 55) de leche producida en el experimento.

Sección A

3. Cálculo de la diferencia mínima significativa entre cada dos de los tratamientos o raciones

$$\begin{aligned} \text{D. m. s.} &= \left( \sqrt{\text{cuadrado medio de error} \times 2} \right) \times \text{valor de "t"} \\ &\text{al 5\% con "n" grados de libertad del error (14} \\ &\text{en este caso)} = \left( \sqrt{357.53 \times 2} \right) \times 2.145 = \overset{199.0}{\text{199.0}} \text{ lbs.} \\ &\qquad\qquad\qquad (\text{90.7 Kg.}) \\ &\qquad\qquad\qquad 91.54 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

**LITERATURA CITADA**

Literatura citada

1. Archibald, J. G. Nutrient composition of banana skins. Journal of Dairy Science 32:969-971. 1949.
2. Arnold, P. T. Dix, Becker, R. B. and Neal, W. M. The feeding value and nutritive properties of citrus by-products. II. Dried grapefruit pulp for milk production. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin 354. 1941 14 p.
3. Axtmayer, J. H. , Rivera-Hernández, G. and Cook, D. H. Chemical analysis of grasses. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 24:32-34. 1940.
4. \_\_\_\_\_, Asenjo, C. F. and Cook, D. H. The nutritive values of some forage crops of Puerto Rico. Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico 22:95-121. 1938.
5. Blaser, R. E. and others. Pastures for Florida. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin 409. 1945. 73 p.
6. Bonsma, Jan C. Increasing adaptability by breeding. Farming in South Africa 23:439-452. 1948.
7. Brandt, A. E. Tests of significance in reversal or switchback trials. Iowa Agricultural Experiment Station Research Bulletin 234: 57-87. 1938.
- 8.- Briggs, H. M. and others. The digestibility of dried sweet potatoes by steers and lambs. Oklahoma Agricultural Experiment Station Technical Bulletin T-28. 1947. 23 p.
9. Brooks, Harold J. y Torres Barreiro, F. Investigación de pastos. (Proyecto de línea no. 6) Estación Experimental Agrícola en Tingo María (Perú) Departamento de Industria Animal Tercer informe trimestras, julio-setiembre 1949. p. 6.
10. Cochran, W. G., Autrey, K. M. and Cannon, C. Y. A double changeover design for dairy cattle feeding experiments. Journal of Dairy Science 24:937-951. 1941.
11. Coetzee, P. J. S. The Pennisetum grasses. Farming in South Africa 23:811-814. 1948.
12. Copeland, O. C. Dehydrated sweet potato meal vs. ground shelled corn for lactating dairy cows. Texas Agricultural Experiment Station Fifty-fourth Annual Report, 1941:28. 1941.

13. Culbertson, Raymond E. y Carvajalino Jácome, Luis J. Plantas forrajeras y su utilización en Colombia. Bogotá, Caja de Crédito Agrario, Industrial y Minero, 1945. (Boletín no. 4)
14. Dahlberg, A. C. Dairying in Nicaragua. Agriculture in the Americas 4:33-35. 1944.
- ✓ 15. De Alba, Jorge. Manual de alimentación del ganado. Unión Panamericana Publicación Agrícola 149-150-151. 1945. 76 p.
16. Duckworth, John. The fodder grass consumption of tropical dairy cows. Tropical Agriculture 26:24-27. 1949.
17. Faires, E. W. and others. Milk-production value of a concentrate mixture composed entirely of southern agricultural byproducts. U.S. Department of Agriculture Circular 811. 1949. 10 p.
18. Fisher Ronald A. Statistical methods for research workers. 10th rev. ed. Edinburgh, London, Oliver and Boyd Publishing co., 1946. 354 p.
19. Folger, A. H. The digestibility of brown alfalfa hay, sesame meal, and artichoke silage as determined for ruminants. California Agricultural Experiment Station Bulletin 575. 1934. 8 p.
20. \_\_\_\_\_ The digestibility of perilla meal, hempseed meal, and babassu meal, as determined for ruminants. California Agricultural Experiment Station Bulletin 604. 1937. 8 p.
- ✓ 21. French, M. H. The value of banana trees in the nutrition of stock. Tanganyika Department of Veterinary Science and Animal Husbandry Annual Report 1938: 28-36. 1938.
22. \_\_\_\_\_ The comparative digestive powers of zebu and high-grade european cattle. Journal of Agricultural Science 30:503-510. 1940.
23. Gaines, W. L. and Davidson, F. A. Relation between percentage fat content and yield of milk; correction of milk yield for fat content. Illinois Agricultural Experiment Station Bulletin 245:577-621. 1923.
24. Hammond, John. Adaptation of livestock to new environments. Introductory paper prepared for the United Nations Scientific Conference on the Conservation and Utilization of Resources, 17 th Aug. - 6 Sept. 1949, Lake Success, New York. 22 p. (E/CONF. 7/SEC/W. 29) (Mimeographed).

25. Hammond, John. Tropical dairying problems. Tropical Agriculture 8:311-315. 1931.
26. Harrison, E. Digestibility trials on green fodders, experiments conducted at the Imperial College of Tropical Agriculture, 1931-1941. Tropical Agriculture 19:147-150. 1942.
27. Henke, L. A. Local feeds for island livestock. Hawaii Agricultural Experiment Station Biennial Report, 1944-1946: 6-7. 1946
28. \_\_\_\_\_ and Otagaki, K. Mature versus immature Napier grass as a soiling crop for milking cows. Hawaii Agricultural Experiment Station Biennial Report, 1946-1948:39-40. 1948.
29. \_\_\_\_\_ Roughages for dairy cattle in Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 92. 1943. 29 p.
30. Holdridge, L. R. Determination of World plant formations from simple climatic data. Science 105:367-368. 1947.
31. Institute of Inter-American Affairs. Food Supply Division. Livestock in Perú, including a description of SCIPA'S cattle import program. A special report. Washington, D.C., 1947. 37 p.
32. Kok, Einar Alberto, Machado, Labieno de B. y Rocha, Geraldo L. da. Valor nutritivo de plantas forrageiras. Boletim de Indústria Animal 8(3) :18-44. 1946.
33. Lee, Douglas H. K. and Phillips, Ralph W. Assessment of the adaptability of livestock to climatic stress. Journal of Animal Science 7:391-425. 1948.
34. Lewy van Severen, Mario y Carbonell, Roberto. Estudios sobre digestibilidad de la pulpa de café y de la hoja de banano. El Café de El Salvador 19:1619-1624. 1949.
35. Loosli, J. K., Maynard, L. A. and Lucas, H. L. IV. Further studies of the influence of different levels of fat intake upon milk secretion. New York Agricultural Experiment Station (Cornell) Memoir 265. 1944. 32 p.
36. Loustalot, Arnaud J. and Cernuda, Carlos. Effect of Tropical kudzu on yield and composition of forage grasses. Tropical Agriculture 25:41-44. 1948.
37. Lucas, H. L. A method of equalized feeding for studies with dairy cows. Journal of Dairy Science 26:1011-1022. 1943.

38. Lucas H. L., Loosli, J. K. and Maynard, L. A. A study of the effect of dietary fat and fat-soluble vitamins upon milk and fat secretion. New York Agricultural Experiment Station (Cornell) Memoir 251. 1943. 12 p.
39. Madden, Dale E. The value of coffee pulp silage as feed for cattle. Thesis. Turrialba, C. R., Inter-American Institute of Agricultural Sciences, 1948. 58 p.
40. Maynard, L. A. and Myers, W. I. The refinement of feeding experiments for milk production by the application of statistical methods. New York Agricultural Experiment Station (Cornell) Bulletin 397:209-249. 1918.
41. Morrison, Frank B. Feeds and feeding, a handbook for the student and stockman. 21st ed. Ithaca, N. Y., Morrison Publishing co., 1949. 1207 p.
42. Neal, W. M. Becker, R. B. and Arnold, P. T. Dix. The feeding value and nutritive properties of citrus by-products. I. The digestible nutrients of dried grapefruit and orange cannery refuses, and the feeding value of the grapefruit refuse for growing heifers. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin 275. 1935. 26 p.
43. Neller, J. R. Factors affecting composition of Everglades grasses and legumes with special reference to proteins and minerals. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin 403. 1944. 19 p.
44. Niemann, P. J. The dairy cow and summer heat. Farming in South Africa 23:809-810. 1948.
45. Paterson, David D. Grazing versus soiling in the wet tropics. Tropical Agriculture 18:191-195. 1941.
46. \_\_\_\_\_ Statistical technique in agricultural research; a simple exposition of practice and procedure in biometry. New York, McGraw-Hill Book co., 1939. 263 p.
47. Phillips, Ralph W. Breeding Livestock adapted to unfavorable environments. F A O Agricultural Studies no. 1. 1948. 182 p.
48. Quate, Graham S. Beef production in Guatemala. Agriculture in the Americas 7:103-106. 1947.
49. Rhod, Albert O. Building breeds for the tropics. Agriculture in the Americas 3:86-87. 1943.
50. \_\_\_\_\_ Production of Brazilian dairy cattle underpenkeeping system. Ztschr. f. Zücht., Reihe B., Tierzücht. U. Züchtungsbiol 33:105-118. 1935.



51. Ripperton, J. C. Grasslands in Hawaii: some crops for fodder. U. S. Department of Agriculture Yearbook 1948: 626-628. 1948.
52. Robinson, Kathleen W. and Lee, Douglas H. K. The effect of the nutritional plane upon the reactions of animals to heat. Journal of Animal Science 6:182-194. 1947.
53. Seath, D. M. Heritability of heat tolerance in dairy cattle. Journal of Dairy Science 30:137-144. 1947.
54. Shorey, Edmund C. The composition of some Hawaii an feeding stuffs. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 13. 1906. 23 p.
55. Snedecor, George W. Métodos de estadística, su aplicación a experimentos en agricultura y biología. Traducido de la 4a edición en inglés por Antonio E. Marino. Buenos Aires, Acme Agency, 1948. 557 p.
56. Wilsie, C. P. and Takahashi, M. Napier grass (*Pennisetum purpureum*) a pasture and green fodder crop for Hawaii. Hawaii Agricultural Experiment Station Bulletin 72. 1934 17 p.
57. Woll, F. W. Coconut Meal as a feed for dairy cows and other livestock. California Agricultural Experiment Station Bulletin 335:241-258. 1921.
58. Work, Samuel H. Digestibility of Hawaiian feeding stuffs. Hawaii Agricultural Experiment Station Annual Report 1937:77-80. 1938.
59. \_\_\_\_\_ Digestibility of Hawaiian feeding stuffs. Hawaii Agricultural Experiment Station Annual Report 1938:70-71 1939.
60. \_\_\_\_\_ Digestible nutrient content of some Hawaiian feeds and forages. Hawaii Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 4. 1946. 22 p.
61. \_\_\_\_\_ and Smith, Leo R. The livestock industry of Nicaragua. U.S. Office of Foreign Agricultural Relations Foreign Agriculture Report no. 12. 1946. 49 p.
62. Wright, Norman C. Report on the development of cattle breeding and milk production in Ceylon. British Colonial Office Eastern no. 179. 1945. 76 p.
63. Yates, F. The analysis of replicated experiments when the field results are incomplete. Empire Journal of Experimental Agriculture 1:129-142. 1933.

64. Robinson, J.B.D. The feeding of dairy cattle in Barbados. Part 1. The feeding value of some tropical fodders. Tropical Agriculture 27:56-58. 1950.