

Instituto Tecnológico de Costa Rica
Vicerrectoría de Investigación y Extensión
Dirección de Proyectos

I. Datos generales

1. Nombre del proyecto:

Análisis de la variabilidad en el grado de terneza y el pH del músculo *Longissimus dorsi thoracis* de canales bovinas provenientes de tres cruces raciales en toretes castrados y sin castrar en confinamiento.

2. Resumen: Descripción sintética del proyecto. Máximo 250 palabras, en inglés y español.

Este proyecto de investigación se desarrollará en el contexto de un proyecto previo entre la Universidad de Costa Rica y la Corporación Ganadera (CORFOGA) llamado **Efecto de cruces raciales sobre el rendimiento productivo en toretes castrados y sin castrar en confinamiento**. La primera fase de ejecución y medición de parámetros productivos será realizada por la UCR en los corrales de la Estación Experimental Los diamantes en Guápiles. En la segunda parte, CORFOGA desarrollará la fase de medición en planta (COOPEMONTENCILLOS R.L.) de características de canal y toma de muestras del músculo *Longissimus dorsi thoracis*. Con la adquisición de estas muestras, inicia la investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de la Corporación Ganadera con la evaluación de la calidad de la carne de dicho músculo. La fase tres de esta investigación se llevará a cabo en el Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, ubicado en Santa Clara de San Carlos, específicamente en el Laboratorio Nacional de Carnes. Se evaluará el efecto de tres cruces raciales, (Brahman, Charbray y F1 *Bos taurus-Bos indicus*¹) y de la castración sobre la variabilidad de la terneza del músculo *Longissimus dorsi thoracis* (lomo). Además, se evaluará el pH y la temperatura de la canal de cada una de las muestras del lomo de machos castrados y sin castrar. Se determinarán valores promedio a nivel nacional para terneza de cada cruce racial, así como el efecto de la castración, ampliamente demostrado en la literatura, pero con escasos datos relacionados para nuestro país.

This research project was developed in the context of a previous project between the University of Costa Rica and Livestock Corporation (CORFOGA) **Effect of crossbreeding on productivity performance in castrated and castrated young bulls in confinement**. The first phase of implementation and measurement of production parameters will be undertaken by the UCR in the pens of the Experimental Station in Guápiles Diamonds. In the second part CORFOGA develop the measurement phase plan (COOPEMONTENCILLOS RL) characteristics and carcass sampling of the muscle *Longissimus dorsi thoracis*. With the acquisition of these samples, the investigation began the Technological Institute of Costa Rica and Livestock Corporation in evaluating the quality of the meat of the muscle. Phase three of this research will be conducted at the Technological Institute of Costa Rica San Carlos Regional Headquarters located in Santa Clara San Carlos specifically at the National Laboratory of Meat. The effect of three crossbreeding (Brahman, F1 and Charbray *Bos taurus-Bos indicus*) and castration on the variability of tenderness *Longissimus dorsi thoracis* muscle (loin). Also, assess the pH and temperature of the carcass of each sample of the loin from castrated males and non castrated. Average values were determined at the national level for each crossing racial tenderness, and the effect of castration, amply demonstrated in the literature, but little data related to our country.

3. Palabras clave: Máximo 10

¹ F1 *Bos taurus-Bos indicus*, corresponde a animales "criollos", es decir animales de lechería cruzados con *Bos indicus*.

Terneza, pH, *Longissimus dorsi thoracis*, Fuerza de corte, Criollos, Brahman, Charbray.

4. Escuela responsable:

Escuela de Agronomía, Sede Regional San Carlos, Instituto Tecnológico de Costa Rica.

5. Centro de Investigación:

Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el trópico húmedo (CIDASTH)

6. Nombre del programa en que se inscribe el proyecto:

Calidad de carnes

7. Otras escuelas e instituciones participantes:

Corporación Ganadera (CORFOGA), Universidad de Costa Rica.

8.

a. Indique si este proyecto se realizará dentro del marco de algún convenio nacional o internacional

Convenio firmado Gestión de convenio _____

Convenio en trámite _____ Convenio específico _____

b. Indique si este proyecto generará conocimiento sujeto a confidencialidad. Especifique.

Los resultados generados por la investigación serán de dominio público y podrán ser utilizados, divulgados o transmitidos a la sociedad por los medios que las instituciones participantes (Instituto Tecnológico de Costa Rica, Universidad de Costa Rica y Corporación Ganadera CORFOGA) consideren adecuados.

9. Investigadores (as) participantes: Indique quién funge como investigador responsable e incluya a todos los investigadores, ya sean internos o externos a la institución.

Nombre Grado académico Especialidad	Cédula	Escuela	Nombramiento (Definido e indefinido)	Jornada en el proyecto (hrs/sem)	Nº de meses en el proyecto	Tipo de plaza*
Milton Villarreal Castro Coordinador	1497826	Agronomía	Indefinido	2	6	REC
Olger Murillo Bravo		Agronomía	Indefinido	2	6	REC
Anthony Valverde Abarca Ejecutor	111500696	Agronomía	Definido	4	6	VIE
Marco Fallas Chacón	111250450	Corfoga		8	6	
Jorge López Pacheco	206010129	Corfoga		8	6	
Jorge Camacho Sandoval	400980426	Corfoga		1	6	

Nota: *Especificar si las horas son con plaza VIE, Docencia o Reconocimiento.

Plaza VIE: Cuando al investigador(a) se le sustituye en algún curso y se requiere una nueva contratación.

Plaza Docencia: Cuando el (la) investigador(a) realiza la investigación dentro de la carga académica asignada en la escuela.

Reconocimiento: Cuando el (la) investigador(a) realiza la investigación ad honorem.

La VIE asume que durante el tiempo de dedicación al proyecto, el (la) investigador(a) considera compromisos que puedan surgir durante su desarrollo (becas, salidas del país, seminarios, cursos, etc.).

10. Tipo de proyecto:

Investigación Extensión Mixto

11. Si el proyecto es de investigación, indique si corresponde a:

Investigación Básica
Investigación Aplicada
Desarrollo Experimental

12. Indique si su proyecto es parte de un trabajo final de graduación y el grado académico a obtener.

No.

13. Indique si esta propuesta está relacionada con otros proyectos o programas desarrollados o en ejecución en el Instituto Tecnológico de Costa Rica. En caso afirmativo, favor especificar su vinculación.

Sí. Proyecto UCR-CORFOGA **EFFECTO DE CRUCES RACIALES SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN TORETES CASTRADOS Y SIN CASTRAR EN CONFINAMIENTO.**

INVESTIGADORES RESPONSABLES UCR: Ing. Carlos Arroyo Oquendo
Msc. Augusto Rojas Bourrillón

CORFOGA: Ing. Marco Fallas Chacón

14. Indique la disciplina científica y tecnológica en que se ubica el proyecto. La siguiente clasificación ha sido tomada del Manual de Frascati.

Ciencias Exactas y Naturales
Ciencias y Tecnologías Agropecuarias
Ciencias y Tecnologías de la Ingeniería
Ciencias y Tecnologías de la Salud
Ciencias Sociales
Humanidades

15. Indique el sector de aplicación del proyecto:

Sector productor de carne del país. Sector de investigación y extensión en el área de producción de ganado en Costa Rica. Sectores Institucionales Universitarios, Gubernamentales y Privados

16. Indique el cantón y provincia de influencia del proyecto:

Nivel Nacional

17. Período de ejecución. Fecha de inicio: Enero 2010 Fecha de finalización: Julio 2010

18. Sesión y fecha de aprobación del Consejo de Escuela:

Declaro que la propiedad de los resultados del proyecto se asignará conforme a la normativa institucional establecida para tal efecto.

FIRMAS Y SELLO

RESPONSABLE DEL PROYECTO

DIRECTOR(A) DE LA ESCUELA

Nombre: Milton Villarreal Castro
Cédula: 1 497 826

Nombre: Arnoldo Gadea Rivas
Cédula:

Firma: _____

Firma: _____

II. PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO

(Favor llenar con tipo de letra arial de 10 puntos)

1. Resumen Ejecutivo y Estado del Arte (máximo tres páginas)

Debe referirse a las condiciones y antecedentes que originan el proyecto (Objetivos del Milenio, Estrategia Siglo XXI, Plan Nacional de Desarrollo, Planes CONARE). Definir con claridad y precisión el problema que se pretende estudiar, así como establecer la correspondencia entre el problema a estudiar y el marco teórico que lo sustenta. Incluir un planteamiento coherente que justifique el proyecto e identifique los posibles beneficios e impacto a corto, mediano y largo plazo que este tenga en lo científico, social, económico, ambiental y en la gestión de la innovación.

La carne bovina ha constituido y constituye una importante fuente de proteína animal para el ser humano, desde tiempos muy remotos (Hedrick *et al.*, 1994). El desarrollo y la intensificación de los sistemas de producción de bovinos, aunado a los esfuerzos de comercialización, han ocasionado que la carne ocupe una parte importante en la dieta humana. Sin embargo, el trabajo que actualmente ocupa a gran parte de los ganaderos es la forma en como se le puede garantizar al consumidor que paga por calidad un producto uniforme, trazable y con buenas cualidades organolépticas Pearson y Dutson, (1994);. Hoy en día, el estudio de la ciencia de la carne y de su calidad constituye una de las principales áreas de investigación en ganadería de carne y tecnología alimentaria ya que el manejo, el sacrificio y la posterior conservación y preparación de la carne definen la calidad y suavidad de la misma, por lo que un adecuado tratamiento de estas variables influirá en la aceptación del producto por parte de los consumidores (Rodríguez, 1986).

En general, los consumidores juzgan la calidad de la carne en el momento de su adquisición por el precio, el color, el contenido de grasa visible y el olor. Sin embargo, al degustarla, determinadas características como la terneza, la jugosidad y el sabor asumen importancia. Todas ellas son componentes del término de palatabilidad. En los mercados actuales de exportación de alta competitividad, y en especial en los productos alimentarios, la promoción o el marketing se basan cada vez más en aspectos y garantías de sólida base científico-técnica que certifiquen o aseguren la inocuidad, seguridad alimentaria y calidad de los productos. Es conocido también, que otros atributos asociados al cuidado del ambiente, del bienestar animal y de aspectos sociales, forman parte de las estrategias de promoción y desarrollo de los mercados (Huerta y Rodas, 2000).

De acuerdo con Grandin (1980 1992, 1994, 2003) La calidad de la carne se ve influida por el estrés. El estrés no inmediato (por ejemplo, las luchas entre animales, el tiempo frío, el ayuno y el transporte) que se produce entre las 12-48 horas previas al sacrificio detrae glucógeno muscular, dando como resultado una carne que tiene un pH más alto, es más oscura y seca (carnes DFD). El estrés agudo que se produce inmediatamente antes del sacrificio produce ácido láctico al degradar el glucógeno. El resultado es una carne de bajo pH, color claro y escasa capacidad de retención de agua, aunque probablemente es más tierna.

La suavidad o terneza de la carne, representa una de las características fundamentales de todos los atributos de la carne de res por su mayor influencia en la satisfacción gustativa del consumidor (Chacón, 2004), y es considerada el atributo más importante en la palatabilidad de la carne bovina (Marshall, 1999; Mintert *et al.*, 2000). Sin embargo, aún no se ha logrado producir de una manera consistente carne de res con el mismo grado de terneza en canales procedentes de una misma raza y menos aun en los cortes deseados. Es por ello que producir carne de res regularmente tierna constituye el reto de los productores e industriales. Se ha demostrado que parte de la disminución en el consumo de carne de res se debe a la falta de consistencia en la terneza y por ello, el Instituto Tecnológico de Costa Rica; en conjunto con la Corporación Ganadera (CORFOGA) y la Universidad de Costa Rica; se ha propuesto la necesidad de enfatizar en la búsqueda de mecanismos para mejorar este atributo de calidad y disminuir su variación.

Dorrell (1999), demostró que los consumidores además de quedar satisfechos, volverían a comprar carne en el mismo lugar si tuvieran la certeza del grado de terniza. De acuerdo con Lawrie (1974), la terniza o dureza de la carne está influenciada por las proteínas del músculo; básicamente las del tejido conectivo (colágeno, elastina, reticulina y mucopolisacárido de la matriz), las miofibrilares (actina, miosina y tropomiosina) y las del sarcoplasma. Una muestra de carne puede ser considerada tierna cuando la resistencia ofrecida a la fuerza de corte es inferior a 6 kg; con valores de 6 a 9 kg, la muestra puede ser considerada como de dureza intermedia y con valores de 9 kg o superiores la carne es considerada dura. Este límite fue establecido considerando los resultados obtenidos 1 o 2 días *post mortem* a través de un panel de degustadores (Shackelford *et al.*, 1997).

Boleman *et al.*, (1997), en una experiencia hecha para evaluar la percepción del consumidor, establecieron diferentes categorías de lomo angosto (músculo *Longissimus dorsi*) de acuerdo con los valores de fuerza de corte obtenidos; así, los lomos fueron clasificados como tiernos de 2,27 a 3,58 kg; intermedios de 4,08 a 5,40 kg y duros de 5,90 a 7,21 kg. Otros autores, basados en la experiencia práctica, sugieren un límite máximo de 5 kg de fuerza de corte para considerar que la carne sea tierna (Abularach *et al.*, 1998).

Según Koohmaraie *et al.*, (1994), la proteólisis *post mortem* y la degradación de las proteínas estructurales del músculo por la acción de enzimas endógenas, es responsable de la terniza y es el motivo por el cual la carne es sometida a un proceso de maduración. La mayor fuente de variación de la terniza en la carne madurada está dada por las diferencias en el ritmo y la magnitud de este proceso. Está reconocido que la predominancia de sangre cebú resulta en una carne más dura; esto es debido a una menor respuesta al proceso de maduración porque en las razas cebuínas en general existe una mayor actividad de la calpastatina que bloquea la acción de las enzimas calpaínas (Pringle *et al.*, 1997).

La búsqueda de evidencia sobre los cambios asociados al incremento de la suavidad de la carne, han indicado como principal responsable a una proteína calcio dependiente, cisteína, perteneciente al sistema proteolítico de las calpaínas, la μ -calpaína (CAPN1), la cual actúa en la degradación *post mortem* de proteínas estructurales del músculo (Koohmaraie, 1996).

Se han asociado marcadores genéticos, dentro del gen CAPN1, con la suavidad de la carne del ganado *Bos taurus* (Smith *et al.*, 2000; Page *et al.*, 2002, 2004) y recientemente en ganado *Bos indicus* (Casas *et al.*, 2005; White *et al.*, 2005). El ganado Brahman, representativo del tipo Cebú (*Bos indicus*), presenta características de rusticidad y adaptación a los ambientes tropicales y subtropicales que respaldan su utilización (Hoogesteijn, 1999), aprovechándola de manera pura o en cruzamientos (heterosis) con ganado criollo (*Bos taurus*). Sin embargo, la calidad de su carne en términos de suavidad ha sido calificada como pobre en comparación con la de razas *Bos taurus* (Marshall, 1999). Esta condición, ha sido asociada a una ausencia de copias de alelos favorables del gen de la calpaína (Page *et al.*, 2004; Casas *et al.*, 2005; White *et al.*, 2005) o a una mayor actividad de la calpastatina, proteína endógena inhibidora de la actividad de la calpaína (Pringle *et al.*, 1997; Odeh, 2003). Esto genera como consecuencia que los compradores de ganado generalmente reduzcan el valor a los terneros que manifiestan la apariencia cebuína (Riley *et al.*, 2003).

Los avances genéticos de la ganadería tropical que tradicionalmente han sido enfocados hacia características productivas como, mayores ganancias de peso o mejoramiento de la eficiencia alimenticia, utilizando el o los beneficios de la adaptabilidad del ganado Brahman o cruzado (Riley *et al.*, 2003), deberían considerar la característica de terniza de la carne para estimular una nueva cultura de consumo de carne bovina, lo que eventualmente ofrecería beneficios al sector ganadero y, particularmente, al ganado Cebú, debido a su uso extensivo en los sistemas de producción del trópico.

En las regiones tropicales, dado que el aporte genético mediante apareamientos, del ganado *Bos indicus*, y de la raza Brahman en particular, ha sido preponderante y donde este tipo de ganado es la base del componente genético tanto en animales "puros" como en F₁ con *Bos taurus* para sistemas de producción de carne o doble propósito (Hoogesteijn, 1999), se hace necesario realizar investigación relacionada con la mejora de la calidad de la carne (atributos organolépticos) de animales con esta composición racial.

Las ventajas de ganado *Bos indicus* y sus cruces en regiones tropicales ha sido extensamente documentadas (Turner, 1980; McDowell *et al.*, 1996; Hansen, 2004) y su uso extensivo para la producción de carne de manera pura o en cruces, o de leche, en sistemas de doble propósito aprovechando las ventajas de la heterosis (Cunningham y Syrstad, 1987), ha sido importante. El ganado Brahman desde su creación a principios de la década de los 20 del siglo pasado (Sanders, 1980) se ha venido consolidando como una raza de componente Cebú, pero que tiene influencia de vacas de razas continentales (Koch, 1999), en consecuencia, la variación genética para suavidad de la carne puede estar contenida en su constitución intrínseca como raza originalmente sintética.

Lo anterior cobra relevancia si se considera que, actualmente no existe información a nivel nacional que corrobore la aparente menor calidad de la carne del ganado Brahman y de otras razas cebuínas. Tampoco existe información nacional relacionada con respecto a la calidad de la carne del ganado *Bos taurus*, aunque en la literatura está ampliamente demostrado que en general el ganado *Bos taurus* presenta una mejor calidad de carne con respecto al *Bos indicus*. Los estudios internacionales, comúnmente basan sus juicios de suavidad, en calificaciones de fuerza de corte Warner Bratzler (FCWB). Riley *et al.* (2003) reportaron para la carne de ganado Brahman, una media de 6.85, 6.31 y 5.53 kg en la FCWB a 7, 14 y 21 días *postmortem*, respectivamente. Huffman *et al.* (1996) indicaron que valores FCWB de 4.1 kg o menos producen un 98% de beneplácito en el consumo de cortes de carne. Sin embargo, la variación en la suavidad de la carne es muy amplia (Koohmaraie, 1996; Chacón, 2004), y difícilmente se explicaría completamente con la información obtenida por un número pequeño de marcadores moleculares de un solo gen.

La fase de investigación cubierta por este proyecto está planteada en el contexto del proyecto de investigación que se lleva a cabo durante el 2008, por la Escuela de Zootecnia de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica (UCR) y financiado parcialmente por CORFOGA. La fase UCR-CORFOGA tiene como objetivo principal la evaluación del rendimiento animal (ganancias de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia) y características de la canal (rendimiento en canal, atributos biométricos) como variables de respuesta a los factores "componente racial" y "castración". Una vez cosechados los animales y evaluadas las canales, el proyecto UCR-CORFOGA ha solicitado a la Escuela de Agronomía la evaluación de la calidad de la carne de los cortes provenientes de cada uno de los tratamientos evaluados. Este sería el proyecto del ITCR.

Se estima que esta iniciativa representa una buena oportunidad de investigación interinstitucional y de vinculación con el sector productivo externo. El objetivo del presente trabajo es evaluar la terneza del músculo *Longissimus dorsi thoracis* (lomo) empleando fuerza de corte, de toretes, castrados y sin castrar de 3 cruces raciales, (Brahman, Charbray y F1 *Bos taurus-Bos indicus*), además de establecer una correlación entre la tipificación de la canal y la fuerza de corte para los tres cruces raciales. Se utilizará una muestra de aproximadamente tres (3.0 kg) del músculo *Longissimus dorsi thoracis* (lomo) de las canales provenientes de los 72 animales del proyecto UCR-CORFOGA. La contraparte con relación al aporte económico de ambas instituciones en el proyecto inicial, así como las cartas de entendimiento se encuentran en los presupuestos y también se adjuntan en los anexos.

2. Objetivos (General y Específicos)

Definir claramente los objetivos que se desean alcanzar. Los objetivos específicos deben ser medibles. Debe mostrar concordancia entre el problema que se estudia y los objetivos a lograr.

Objetivo general:

Determinar la calidad de la carne del músculo *Longissimus dorsi thoracis* extraído de canales de toretes, castrados y sin castrar de 3 cruces raciales, (Brahman, Charbray y F1 *Bos taurus-Bos indicus*).

Objetivos específicos:

Determinar el efecto del cruce racial (Brahman, Charbray y F1 *Bos taurus-Bos indicus*) sobre el grado de terneza del músculo *Longissimus dorsi thoracis*.

Evaluar el efecto de la castración sobre el grado de terneza del músculo *Longissimus dorsi thoracis*.

Cuantificar el pH y la temperatura de la canal a la primera y veinticuatro horas post-mortem.

Determinar el pH y la temperatura de la muestra a la salida de la planta de cosecha y a la entrada al laboratorio de carnes.

Determinar las correlaciones entre las diferentes características; Productivas, medidas en los corrales de engorde; de Calidad de Canal, determinadas en la planta de cosecha y de Calidad de Carne, cuantificadas en el laboratorio.

3. Metodología

3.1 Localización del ensayo experimental

La investigación se desarrollará en el Laboratorio Nacional de Carne del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica.

3.2. Tamaño de la muestra

Se utilizarán las canales provenientes 72 animales del proyecto de investigación previo entre la Universidad de Costa Rica y la Corporación Ganadera (CORFOGA) llamado **EFFECTO DE CRUCES RACIALES SOBRE EL RENDIMIENTO PRODUCTIVO EN TORETES CASTRADOS Y SIN CASTRAR EN CONFINAMIENTO**. Cuando el proyecto finalice los animales se cosecharán a los 550 kg de peso vivo en COOPEMONTCECILLOS R.L. Se llevará registro sobre el peso de la canal caliente y fría, el rendimiento en canal, el pH y la temperatura a la primera y veinticuatro horas postmortem. A partir de este punto inicia la investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica y de la Corporación Ganadera con la evaluación de la calidad de la carne del músculo *Longissimus dorsi thoracis*.

3.3. Toma y traslado de las muestras

Se recolectarán muestras del músculo *Longissimus dorsi thoracis* de 72 canales bovinas provenientes de animales castrados y sin castar debidamente identificados, cosechados a los 550 kg de peso vivo y que corresponden a tres cruces raciales; Brahman, Charbray y F1 *Bos taurus-Bos indicus*; es decir que la muestra estará compuesta por 24 animales cruzados Charbray (Brahman x Charolais); 24 animales Brahman y 24 animales F1 *Bos taurus-Bos indicus* (cruces de ganado utilizado en lecherías con animales *Bos indicus*). Estas muestras serán tomadas en la planta cosecha de consumo local y exportación de la Cooperativa Matadero Nacional de Montecillos-COOPEMONTCECILLOS R.L., ubicada en el cantón Central, distrito San Antonio del Tejar de la provincia de Alajuela y se trasladarán al Laboratorio Nacional de la Carne del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos.

Se medirá el pH y la temperatura de la canal a la hora y a las veinticuatro horas *post-mortem* en el músculo *Longissimus dorsi thoracis*. Posteriormente de llevará a cabo el deshuese de la canal a las 24 horas *post-mortem* y se recolectará la muestra, de cada canal, de la parte caudal con un peso aproximado a los tres kilogramos.

Se trabajará con un número máximo de seis (6) muestras por día, de esta manera se coordinará con el proyecto de la Escuela de Zootecnia de la UCR y CORFOGA para que se sacrifiquen los animales respectivos y que la muestra que se traslade al Laboratorio de Carne del ITCR sea la adecuada para los análisis de calidad. Las muestras permanecerán con su

respectiva grasa de cobertura y se identificarán con números o signos de manera que las características de canal medidas en la planta de cosecha correspondan a la muestra respectiva.

Las muestras se empacarán al vacío y se identificarán debidamente. Posteriormente se almacenarán en hieleras, se determinará la temperatura de salida de la planta y se trasladarán al Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, en donde se determinará la temperatura de ingreso de las muestras al laboratorio.

3.4. Trabajo de Laboratorio

Los equipos empleados para el trabajo experimental en el laboratorio se calibraron adecuadamente con el objetivo de reducir la máxima variación que podría ocasionar el uso de dispositivos descalibrados.

Se llevará una bitácora en donde se registrarán los datos de ingreso de cada una de las muestras de carne. Estas muestras deberán ser sometidas a un proceso de cocción en el horno hasta lograr una temperatura interna de la muestra en el centro de la misma de 70° C.

Una vez cocidas las muestras, se extraerá con un cubo eléctrico, ocho piezas de la muestra de forma paralela al sentido de la fibra del músculo. Se deberá evitar al máximo tomar tejido conectivo de la muestra. Posteriormente, cada uno de los cilindros de carne se someterán a la fuerza de corte Warner Bratzler.

Los datos de fuerza de corte de cada muestra se registrarán y almacenarán en una hoja electrónica de Microsoft Excel®. En el análisis estadístico, se estimaran medidas de tendencia central, correlaciones y para determinar el efecto de las diferentes fuentes de variación que afectan el grado de suavidad de la carne, se realizará un análisis de variancia y de regresión, utilizando modelos lineales fijos del tipo,

$$y = X\beta + \epsilon$$

donde: **y** es el vector de observaciones, **β** es el vector de parámetros en el modelo estadístico utilizado para el análisis, **X** es la matriz de incidencia y **ε** es el vector de errores experimentales.

4. Plan de Acción

Para cada objetivo específico, indique el producto (os) a obtener y las actividades que deben llevarse a cabo para lograrlas, así como su cronograma y responsable de su ejecución. Ver hoja adjunta. Anexe cronograma detallado por actividad.

5. Plan de difusión y transferencia de resultados.

Elabore un plan en el que se contemplen los mecanismos de extensión, vinculación y difusión (tanto durante, como al finalizar la investigación), para garantizar la transferencia de los resultados obtenidos.

Los resultados que generará este proyecto de investigación serán divulgados a los diferentes sectores productivos involucrados, tanto por el ITCR y CORFOGA; por medio de sus actividades de extensión y educación; así como de manera conjunta a través de charlas de capacitación, días de campo y cursos cortos en donde participen ambas instituciones. Los datos generados a partir de estos resultados servirán de base para futuros trabajos de investigación y para fortalecer la base de datos sobre suavidad de la carne en la población bovina nacional. Además, los aportes de esta investigación serán puestos a disposición de la comunidad nacional, mediante los mecanismos divulgativos (televisión y prensa) en favor del consumo de carne bovina nacional realizados por CORFOGA. Las actividades de divulgación y transferencia, por parte del Instituto Tecnológico, no están reflejadas en el presupuesto solicitado a la VIE ya que no dependen del mismo para llevarlas a cabo.

6. Evaluación de impacto ambiental

Con respecto a la ejecución del proyecto, indique si durante la realización de las diferentes actividades del proyecto, se podrían presentar los diferentes aspectos enunciados a continuación:

- a. La introducción al Instituto Tecnológico de Costa Rica de productos químicos, biológicos o de otra índole que puedan dañar el ambiente en caso de un derrame o liberación y que no estén registrados dentro del Catálogo de Materiales. No: Sí: . Indique los nombres de las sustancias a utilizar y las cantidades estimadas:

SUSTANCIA	CANTIDAD

- b. La generación de desechos o posibles sobrantes de carácter biológico o químico que por sus características no pueda ser enviado a un relleno sanitario junto con los desechos ordinarios. No: , Sí: . Indique las cantidades estimadas de los desechos que se podrían generar

NOMBRE DESECHO/SOBRANTE	CANTIDAD ESTIMADA
Carne cocida	144 kg

CORFOGA recolectará los residuos de carne generados en los análisis de laboratorio.

- c. Emisiones de sustancias al aire. No: Sí:
- d. Utilización de sustancias radioactivas. No: Sí:
- e. Corta de árboles o cambios en el uso del suelo. No: Sí:
- f. Contaminación de las áreas silvestres protegidas (lagos, bosques, etc.). No: Sí:
- g. Utilización de especies vegetales o animales protegidas. No: Sí:
- h. Generación de aguas residuales que no puedan ser manejadas por el sistema de tratamiento de aguas del Instituto Tecnológico de Costa Rica. No: Sí:
- i. La generación excesiva de ruido o vibraciones. No: Sí:

El investigador debe tomar en cuenta que durante la ejecución del proyecto se deberá cumplir con lo estipulado en la normativa ambiental vigente, con las políticas del Instituto Tecnológico de Costa Rica y con lo establecido en el reglamento para el manejo de desechos peligrosos (<http://www.itcr.ac.cr/reglamentos/Consultas/consultarR1.asp?n=289>). Otras consultas se pueden hacer a los responsables del Sistema de Gestión Ambiental: sgatec@itcr.ac.cr

7 Plan de administración del riesgo

Con base en la Ley de Control Interno, la **valoración del riesgo** es la identificación y análisis de los riesgos que enfrenta el proyecto, tanto de fuentes internas como externas relevantes para la consecución de objetivos, con el fin de determinar cómo se deben administrar dichos riesgos.

Riesgo identificado	Medida de mitigación
1. Inconvenientes logísticos en el traslado de las muestras de carne (Alajuela, Montecillos) al laboratorio de calidad de carnes (Sede ITCR San Carlos)	Considerar la posibilidad de contar con transporte (ITCR / CORFOGA)
2. Posible salida de uno de los investigadores, por beca de estudios de postgrado	Valorar la opción de contratar un asistente para el proyecto

PLAN DE ACCIÓN

Objetivos específicos	Productos	Actividades	Cronograma	Responsable
<p>Determinar el efecto del cruce racial (Brahman, Charbray y Criolla) sobre el grado de terneza del músculo <i>Longissimus dorsi thoracis</i>.</p> <p>Evaluar el efecto de la castración sobre el grado de terneza del músculo <i>Longissimus dorsi thoracis</i>.</p>	<p>Categorización del grado de suavidad de la carne por cruce racial</p> <p>Categorización del grado de terneza de la carne en función de la castración</p>	Extracción con cubo eléctrico de ocho piezas de la muestra de forma paralela al sentido de la fibra del músculo	Enero 2010 – Febrero 2010	ITCR
		Determinación de la fuerza de corte Warner Bratzler de cada una de las submuestras	Enero 2010 – Febrero 2010	ITCR
		Cocción de las 72 muestras.	Enero 2010 – Febrero 2010	ITCR
		Extracción con cubo eléctrico de ocho piezas de la muestra de forma paralela al sentido de la fibra del músculo	Enero 2010 – Febrero 2010	ITCR
		Determinación e la fuerza de corte Warner Bratzler de cada una de las submuestras	Enero 2010 – Febrero 2010	ITCR
Cuantificar el pH y la temperatura de la canal a la primera y veinticuatro horas post-mortem.	pH y Temperatura de la canal	Medición del pH y la temperatura de la canal a la primera hora y a las veinticuatro horas postmortem	Enero 2010 – Febrero 2010	CORFOGA
Determinar el pH y la temperatura de la muestra a la salida de la planta de cosecha y a la entrada al laboratorio de carnes.	pH y Temperatura de <i>Longissimus dorsi thoracis</i>	Medición del pH y la temperatura de la canal a la salida de a planta y a la entrada al laboratorio	Enero 2010 – Febrero 2010	CORFOGA ITCR

PLAN DE ACCIÓN

Objetivos específicos	Productos	Actividades	Cronograma	Responsable
Evaluar las correlaciones entre las diferentes características; Productivas, medidas en los corrales de engorde; de Calidad de Canal, determinadas en la planta de cosecha y de Calidad de Carne, cuantificadas en el laboratorio.	Registro de datos para análisis estadístico	Elaboración del registro general para los análisis estadísticos en donde se contemplen las variables cuantificadas (peso vivo, peso canal, pH, Temperatura, fuerza de corte	Enero 2010 – Julio 2010	ITCR
Elaborar informe final	Informe final	Discusión y redacción de informe final	Enero 2010 – Julio 2010	ITCR-CORFOGA

8. Presupuesto

Complete el siguiente cuadro con los rubros del presupuesto. Se presentan las partidas generales, las cuales debe desglosar en subpartidas según sus necesidades y basándose en el manual de clasificación por objeto de gasto. Los que no correspondan pueden ser eliminados o incluir otros rubros si fuera necesario.
En el caso de otras fuentes, anotar únicamente el total, no por año calendario.

8.1 Solicitado a la VIE

OBJETO GASTO	RUBRO	I AÑO (2010)	TOTAL
GASTOS EN PERSONAL			
	Investigador 1	420.000,00	420.000,00
	Investigador n	611.917,00	611.917,00
	Subtotal	1.031.917,00	1.031.917,00
GASTOS DE OPERACIÓN			
1520	Viáticos dentro del País	30.000,00	30.000,00
1890	Calibración del Warner Bratzler	55.000,00	55.000,00
	Total servicios	85.000,00	85.000,00
	Materiales y suministros		
2190	Soluciones Buffer	14.000,00	14.000,00
	Útiles, Materiales y Suministros diversos		
2511	Útiles y materiales de oficina y cómputo	30.000,00	30.000,00
2531	Productos de Papel cartón e impresos	15.000,00	15.000,00
2550	Útiles y materiales de Limpieza	15.000,00	15.000,00
2590	Otros útiles, materiales y suministros	37.000,00	37.000,00
	Total Materiales y Suministros	111.000,00	111.000,00
6227	Estudiante asistente Especial	100.000,00	100.000,00
	Total transferencias	100.000,00	100.000,00
	Subtotal	296.000,00	296.000,00
TOTAL PRESUPUESTO SOLICITADO VIE		1.327.917,00	1.327.917,00
OTRAS FUENTES			
	Disponible Escuela		
	Externas		
	Subtotal		
TOTAL DEL PROYECTO			

8.2 Aportado por CORFOGA (I FASE INVESTIGACIÓN) (ANEXO 1)

Concepto	Monto (colones)
Alimento: Destilados de maíz; I fase desarrollo: 1.5 kg/animal/día 186 días (700 g/día Ganancia) 437 quintales (□9600/quintal)	300.000,00
Alimento: Destilados de maíz; II fase engorde: 2.5 kg/animal/día 200 días (1000 g/día Ganancia) 783 quintales (□9600/quintal)	939.600,00
Total aporte CORFOGA	11.712.600,00

8.3 Aportado por la UCR (I FASE INVESTIGACIÓN) (ANEXO 2)

Concepto	Monto (colones)
Dos (2) profesores investigadores	600.000,00/mes
Dos (2) peones	400.000,00/mes
Total recurso humano anual	12.000.000,00
Forraje fresco (Pasto □ 3.00/kg)	911.000,00
Urea (68 quintales)	1.240.400,00
Banano verde	4.500.000,00
Productos veterinarios y sales minerales	1.000.000,00
Equipo e infraestructura	1.000.000,00
Total materiales y equipo	8.451.400,00
Traslado de ganado	450.000,00
Total aporte UCR	21.101.400,00

8.4 Resumen de presupuesto según fuentes de financiamiento

Fuente Financiamiento	Monto total (colones)	Participación porcentual
VIE	1.327.917,00	3.90
CORFOGA	11.712,600,00	34.30
UCR	21.101,400,00	61.80

8.1 Justifique el presupuesto por subpartida solicitado a la VIE.

1. Gastos de viaje y transporte
Transporte desde Santa Clara hacia San José a la Corporación Ganadera para evaluar los avances del proyecto.
2. Mantenimiento y reparación de los equipos
Calibración del Warner Bratzler para la determinación de la fuerza de corte
3. Materiales y suministros, productos químicos
Soluciones Buffer
4. Útiles y materiales de oficina y cómputo
Tinta para impresora, marcadores, bolígrafos, CD's, clips cintas adhesivas...
5. Productos de papel y cartón
Papel, toallas de laboratorio
6. Útiles y materiales de limpieza
Jabón
7. Otros útiles y materiales
Guantes de látex
8. Transferencia corrientes a personas
Estudiante asistente para trabajo de recolección de datos

8.2 En el siguiente cuadro, indique según el tipo de fuente externa, el nombre de la entidad, monto solicitado y estado en que se encuentra el trámite de aprobación. En el caso de contar con la aprobación, anexar carta oficial de la entidad.

Fuente externa	Nombre	Monto	Estado del trámite
FEES			
Conicit-Micit			
Empresa privada			
Entidades sin fines lucro			
Organismo internacional			

9. Bibliografía

Abularach, M., Rocha, C. E., Felício, P. E. 1998. *Características de qualidade do contrafilé Longissimus dorsi de touros jovens da raça Nelore. Ciência e Tecnologia Alimentar*, v. 18, n. 2, p. 205-210.

Boleman, S. J., Boleman, S. L., Miller, R. K., Taylor, J. F., Cross, H. R., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M., Shackelford, S. D., Miller, M. F., West, R. L., Johnson, D. D., Savell, J. W. *Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. Journal of Animal Science*, v. 75, p. 1521-1524, 1997.

Casas, E., S.N. White, D.G. Riley, T.P.L. Smith, R.A. Breneman, T.A. Olson, D.D. Johnson, S.W. Coleman, G.L. Bennett and C.C. Chase Jr. 2005. *Assessment of single nucleotide polymorphisms in genes residing on chromosomes 14 and 29 for association with carcass compoindicus cattle. J. Anim. Sci.*83:13-19.

Chacón, A. 2004. *La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. Agron. Mesoam.*15:225-243.

Cunningham, E.P. and O. Syrstad. 1987. *Crossbreeding Bos indicus and Bos taurus for milk production in the tropics.* FAO, Animal Production and Health Paper, No. 68, Rome, Italy. 90 p.

Dorrell, K. 1999. *Tough to tender.*

Disponible en <http://www.bizlink.com/bizlink/food/Content/1999/03-99/foo039905c.html>.

Grandin, T. 1980. *Observations of cattle behaviour applied to the design of cattle handling facilities. Applied Animal Behavioural Science* 6: 19

Grandin, T. 1992. *Environmental and genetic factors which contribute to handling problems in pork slaughter plants.* En: *Livestock Environment IV* (compilado por E. Collins). American Society of Agricultural Engineers St. Joseph, Michigan USA (page 64)

Grandin, T. 1994. *Farm animal welfare during handling, transport, and slaughter. Journal of American Veterinary Medical Association* 204: 372-377

Grandin, T. 2003. *Transferring results of behavioral research to industry to improve animal welfare on the farm, ranch and the slaughter plant. J. Applied Animal Behavior Sci.* 81:215-228.

Hansen, P.J. 2004. *Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. Animal Reproduction Science*82-83:349-360.

Hedrick, H.B., E. D. Aberle, J. C. Forrest, M. D. Judge y R. A. Merkel. 1994. *Principles of Meat Science.* 3rd. ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 1, 3, 274, 289, 317.

Hoogesteijn, R. 1999. *¿Por qué el Cebú para regiones tropicales?* En: *La Cátedra del Cebú: 1º Ciclo de Conferencia Raza Brahman.* Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela. ASOCEBU 25 y 26 de Junio 1(1):67.

Huerta, N.; Rodas, A. 2000. *Aspectos de calidad de carne para inicios del milenio.* Facultad de Agronomía, Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela.

Huffman, K. L., M. F. Miller, L. C. Hoover, C. K. Wu, H. C. Brittin y C. B. Ramsey. 1996. *Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. Journal of Animal Science.* 74:94, 96.

Koohmaraie, M.; Wheeler, T. L.; Shackelford, S. D. 1994. *La terneza de la carne vacuna: su regulación y predicción.* USDA-ARS U.S. Meat Animal Research Center, Clay Center, Nebraska. In: *Congreso Internacional de Ganadería de Vanguardia*, Buenos Aires, Argentina, p. 62-66.

Koohmaraie, M. 1996. *Biochemical factors regulating the toughening and tenderization process of meat*. Meat Sci.43:193-201.

Koch, B.H.R. 1999. *Características raciales de la raza Brahman en Venezuela*. En: La Cátedra del Cebú: 1º Ciclo de Conferencia Raza Brahman. Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales Ezequiel Zamora. Guanare, Venezuela. ASOCEBU; 25 y 26 de Junio. 1(1):19.

Lawrie, R. A. *Ciencia de la Carne*. 2 ed. Zaragoza: Acribia, 1974. p. 61-64; 352-354.

McDowell, R.E, J.C. Wilk and C.W. Talbott. 1996. *Economic viability of crosses of Bos taurus and Bos indicus for dairying in warm climates*. J. Dairy Sci. 79: 1292.1203.

Marshall, D.M. 1999. *The genetics of meat quality*. In: R. Fries and A. Rubinsky eds. The Genetics of Cattle. CABI Publishing, pp.605-635

Mintert, J., J.L. Lusk, T.C. Schroeder, J.A. Fox and M. Koohmaraie. 2000. *Valuing beef tenderness*. Department of Agricultural Economics, Kansas City University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Paper MF-2464 Beef Marketing. May. p.4.

Odeh, F.M.T. 2003. *Quantitative inheritance of Calpastatin activity as an assessment measure for meat tenderness in Brahman steers*. Ph.D. Dissertation. Louisiana State University, Agricultural and Mechanical College. p. 80.

Page, B. T., E. Casas, M.P. Heaton, N.G. Cullen, D.L. Hyndman, C.A. Morris, A.M. Crawford, T.L. Wheeler, M. Koohmaraie, J.W. Keele and T.P. Smith. 2002. *Evaluation of single-nucleotide polymorphisms in CAPN1 for association with meat tenderness in cattle*. J. Anim. Sci.80:3077–3085.

Page, B.T., E. Casas, R.L. Quaas, R.M. Thallman, T.L. Wheeler, S.D. Shackelford, M. Koohmaraie, S.N. White, G.L. Bennett, J.W. Keele, M.E. Dikeman and T.P. Smith. 2004. *Association of markers in the bovine CAPN1 gene with meat tenderness in large crossbred populations that sample influential industry sires*. J. Anim. Sci.82:3474–3481.

Pearson, A.M. y T. R. Dutson. 1994. *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products*. 1s t edition. Blackie Academic & Professional, New York, 18-19, 48-50, 79, 289-331, 480, 486, 489.

Pringle, T.D., S.E. Williams, B.S. Lamb, D.D. Johnson and R.L. West. 1997. *Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and crossbred steers*. J. Anim. Sci.75:2955–296.

Riley, D.G., C.C. Chase Jr., T.D. Pringle, R.L. West, D.D. Johnson, T.A. Olson, A.C. Hammond and S.W. Coleman. 2003. *Effect of sire on μ and m-calpain activity and rate of tenderization as indicated by myofibril fragmentation indices of steaks from Brahman cattle*. J. Anim. Sci. 81:2440– 2447 .

Rodríguez, T. 1986. *Efecto de la estimulación eléctrica en la suavidad de la carne bovina*. Tesis Lic. En Tecnología de Alimentos. Universidad de Costa Rica, Carrera interdisciplinaria en Tecnología de Alimentos. San Pedro, San José, Costa Rica.

Sanders, J.O. 1980. *History and development of Zebu cattle in the United States*. J. Anim. Sci. 50:1188-1200.


Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., Koohmaraie, M. *Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days post mortem as a predictor of aged beef tenderness*. Journal of Animal Science, v. 75, p. 2417-2422, 1997.

Smith, T. P. L., E. Casas, C. E. Rexroad III, S. M. Kappes and J. W. Keele. 2000. *Bovine CAPN1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness*. J. Anim. Sci.78:2589–2594

Turner, J.W. 1980. *Genetic and biological aspects of Zebu adaptability*. J. Anim. Sci. 50: 1201-1205.

White, S.N., E. Casas, T.L. Wheeler, S.D. Shakelford, M. Koohmaraie, D.G. Riley, C.C. Chase, Jr., D.D. Johnson, J.W. Keele and T.P.L. Smith. 2005. *A new single nucleotide polymorphism in CAPN1 extends the current tenderness marker test to include cattle of Bos indicus, Bos taurus, and crossbred descent*. J. Anim. Sci.83:2001-2008.

10. Resumen del currículum de los(as) investigadores(as) del Instituto Tecnológico de Costa Rica participantes en un máximo dos páginas, donde se especifique la formación y experiencia del investigador en el campo de desarrollo del proyecto. Se deben incluir las publicaciones.

	Tel. oficina:401-3134 Fax: 475-5395 Apdo. Postal:223-4400 Ciudad Quesada, Alajuela e-mail: miltonvillarreal@yahoo.com	Nombre que utiliza en citas bibliográficas: Milton Villarreal	Número de: Cédula:1-497-826 Pasaporte:1-497-826
Nombre: Milton	Apellido 1°: Villarreal	Apellido 2°: Castro	
Fecha de nacimiento: Set. 29, 1958	País de nacimiento: Costa Rica	Nacionalidad: Costarricense	Sexo: <input checked="" type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Femenino
Escuela en que labora: Agronomía (Sede San Carlos)	Fecha de ingreso al Instituto Tecnológico de Costa Rica: __01/Oct/_1985__	Situación laboral Definido hasta <input checked="" type="checkbox"/> Indefinido	
Categoría académica	<input checked="" type="checkbox"/> Catedrático <input type="checkbox"/> Profesor asociado <input type="checkbox"/> Profesor adjunto <input type="checkbox"/> Instructor		

Estudios realizados:

	Institución	Año de graduación	Área de estudio	País
Bachillerato Universitario				
Licenciatura	UCR	1982	Zootecnia	Costa Rica
Maestría	CATIE	1985	Producción Animal	Costa Rica
Doctorado	Kansas State University	2004	Nutrición rumiantes	USA

Participación en proyectos

Puesto	Entidad	Año inicio	Año de término
PROYECTO INVESTIGACION: Evaluación de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en la Región Huetar Norte de Costa Rica (Investigador principal)	VIE	1988	1990
PROYECTO INVESTIGACION: Estudio agroecológico para el manejo sostenible de pasturas naturalizadas, mediante su	OTS-VIE	1989	1991

restablecimiento con especies forrajeras introducidas (Investigador principal)			
PROYECTO INVESTIGACION: Evaluación de materiales forrajeros para el mejoramiento de los sistemas de producción ganadera bajo pastoreo en la Región Huetar Norte (Investigador principal)	CONICIT-VIE	1992	1994
PROYECTO INVESTIGACION: Manejo para el mejoramiento productivo de una pastura naturalizada (<i>Ischaemum indicum</i>) y prueba de métodos de establecimiento en una leguminosa promisorio (<i>Arachis pintoii</i>) (Investigador principal)	VIE-MAG-OTS	1993	1994
PROYECTO DE INVESTIGACION: Evaluación de método de establecimiento de semilleros de Maní Forrajero (<i>Arachis pintoii</i> Krapovickas y Gregory) por medio de material vegetativo (Investigador principal)	VIE-OTS	1993	1994
PROYECTO INVESTIGACION: Desarrollo de Bovinos en Pasturas de Estrella africana (<i>Cynodon nlemfuensis</i>) con y sin acceso controlado a una "banco de proteína" a base de la leguminosa <i>Arachis pintoii</i> (Investigador principal)	VIE	1994	1996
PROYECTO INVESTIGACION: Estudio de un Modelo de Producción Intensiva de Carne Bovina en la Zona de San Carlos (Investigador principal)	VIE	1996	1997
PROYECTO INVESTIGACION: Monitoreo de parámetros de sostenibilidad en fincas lecheras de San Carlos (Co-investigador)	UNA-NCSU-VIE	1995	2000
PROYECTO INVESTIGACION: Efecto de la suplementación en ganado de carne utilizando subproductos de piña, sobre el consumo y aprovechamiento de forrajes y caracterización de marcadores internos (Investigador principal)	KSU-UCR-NCSU-VIE	2000	2001
PROYECTO INVESTIGACION: Desarrollo de sistemas silvopastoriles para el trópico húmedo con especies forestales nativas y forrajeras herbáceas (Investigador principal)	UNA-NCSU-MAG-VIE	1999	2005
PROYECTO DE INVESTIGACION: Respuesta del pasto Ratana (<i>Ischaemum indicum</i>) a la fertilización nitrogenada (Investigador principal)	VIE-MAG-CORFOGA	2009	En curso
PROYECTO DE ACCION SOCIAL: Desarrollo de modelos de producción sostenible para pequeños productores en la Zona Norte de Costa Rica (Investigador responsable por el ITCR)	FEES (UCR-ITCR-UNA	2009	En curso

Título del artículo	Nombre de la revista	Indexada en:	Vol.	Núm.	año
Effect of ruminally protected methionine on the productive and reproductive performance of grazing <i>Bos indicus</i> heifers raised in the humid tropics of Costa Rica	Tropical Animal Health and Production	ISI	40		2008
Nuevas estrategias de alimentación para la producción de leche en los trópicos	Ventana Lechera	NO	10	3	2008
The use of pasture reflectance characteristics and arbuscular mycorrhizal root colonization to predict pasture characteristics of tallgrass prairie grazed by cattle and bison	Grass and Forage Science	ISI	61:32-41		2006
Effect of supplementation with pelleted citrus pulp on digestibility and intake in beef cattle fed a tropical grass-based diet (<i>Cynodon nlemfuensis</i>)	Animal Feed Science and Technology	ISI	125:163-173		2006
Dry-matter and crude protein and rumen-degradable protein concentration of three <i>Arachis pintoii</i> ecotypes at different stages of regrowth in the humid tropics	Grass and Forage Science	ISI	60:237-243		2005
Effect of level of rumen degradable protein and type of non-fiber carbohydrate on intake and digestion of low-quality grass hay by beef steers	Animal Feed Science and Technology	ISI	115:83-99		2004
Establishment of two indigenous timber species in dairy pastures in Costa Rica	Agroforestry Systems	ISI	54:31-40		2002
La sustitución de maíz por pulpa de cítricos deshidratada sobre la producción y composición láctea de vacas encastadas Holstein en el trópico húmedo de Costa Rica.	Agronomía Costarricense	Latindex	25(1):45-52		2001
Caracterización nutricional de los componentes forrajeros de cuatro asociaciones gramínea/ <i>Arachis pintoii</i> .	Nutrición Animal Tropical (CINA-UCR, Costa Rica)	¿?	6(1):1-17		2000
Validación del uso de maní forrajero (<i>Arachis pintoii</i>) en la crianza de terneras de lechería II. Utilización como forraje de corte	Agronomía Costarricense	Latindex	23(1):13-19		1999
Validación del uso de maní forrajero (<i>Arachis pintoii</i>) para terneras de lechería I. Reducción de concentrado y empleo del maní como única fuente forrajera	Agronomía Costarricense	Latindex	23(1):7-11		

en terneras Jersey					1999
Evaluación de Materiales Forrajeros para el Mejoramiento de los Sistemas de Producción Ganadera bajo Pastoreo en la Región Huetar Norte	Tecnología en Marcha		13(número especial):4-52		1999
Valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica.	Pasturas Tropicales	¿?	16(1):27-31		1994
Evaluación de gramíneas forrajeras bajo pastoreo en pequeñas parcelas	Pasturas Tropicales	¿?	16(3):9-16		1994
Evaluación comparativa de Ratana (<i>Ischaemum indicum</i> , Houtt.) como especie forrajera.	Agronomía Costarricense	Latindex	16(1):37-44		1992
Adaptación y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica.	Pasturas Tropicales	¿?	13(2):31-38.		1991
La Fertilización Foliar: ¿Mejora la cantidad y calidad del pasto producido? .	Horizonte Lechero	¿?	3(12):24-27		1991
Recursos potenciales para el mejoramiento de nuestras pasturas. I y II.	Horizonte Lechero	¿?	2(7):25-26 y 2(8):26-27.		1990
Leguminosas forrajeras tropicales: Posibilidades de uso en la ganadería y evaluación preliminar en Costa Rica.	Tecnología en Marcha	¿?	10(1):46-56.		1990
Evaluación de dos herbicidas y dos formas de aplicación para el control de Zacatón (<i>Paspalum virgatum</i>) en potreros	Agronomía Costarricense	Latindex	13(2):183-188.		1989
Desarrollo de una Unidad de Producción Ganadera en la Zona de Río Frio. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica.	Agronomía y Ciencia	¿?	1(4):103.		1983