

**Centro de Investigación Científica y de
Educación Superior de Ensenada**



**"RELACION DE LA MASA CON LA CONDICION
CORPORAL DE *Calidris mauri* (Aves: Scolopacidae)
EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA DURANTE
EL INVIERNO 1994-95"**

**TESIS
MAESTRIA EN CIENCIAS**

YOLANDA YOLOXOCHITL SANDOVAL MENDOZA

ENSENADA B.C. MEXICO DICIEMBRE DE 1996

**CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y DE EDUCACIÓN
SUPERIOR DE ENSENADA**

**DIVISIÓN DE OCEANOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ECOLOGÍA**

**“RELACIÓN DE LA MASA CON LA CONDICIÓN CORPORAL DE
Calidris mauri (AVES: SCOLOPACIDAE) EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA
DURANTE EL INVIERNO 1994-95”**

TESIS

**que para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el
grado de MAESTRO EN CIENCIAS presenta:**

YOLANDA YOLOXÓCHITL SANDOVAL MENDOZA

Ensenada, Baja California, México. Diciembre de 1996.

RESUMEN de la tesis de YOLANDA YOLOXÓTCHITL SANDOVAL MENDOZA, presentada como requisito parcial para la obtención del grado MAESTRO EN CIENCIAS en ECOLOGÍA MARINA. Ensenada, Baja California, México. Noviembre 1996.

**“RELACIÓN DE LA MASA CON LA CONDICIÓN CORPORAL DE *Calidris mauri* (AVES: SCOLOPACIDAE) EN EL ESTERO DE PU
Resumen aprobado por:**

Se realizaron capturas diurnas de 412 *Calidris mauri*, un ave migratoria; durante las mareas mas altas del mes, por medio de redes de niebla durante el invierno (octubre a marzo) de 1994-95 en el estero de Punta Banda, B. C. Las aves se anillaron, pesaron y midieron (largo del pico, tarso, ala total y cuerda del ala), se determinó un índice cualitativo de grasa pectoral y los cambios en la masa total a través del invierno (Peso total $\bar{X}_{\text{Machos}}=23.5\pm1.20$ g y $\bar{X}_{\text{Hembras}}=25.5\pm1.78$ g). Las hembras son mas pesadas que los machos y los adultos son mas ligeros que los subadultos para ambos sexos. Las aves fueron mas ligeras en octubre que en marzo, cuando comienza el incremento de peso previo a la migración de primavera. Durante la temporada se sacrificaron 20 individuos y 10 mas murieron por accidentalmente. Se analizaron en laboratorio 25 machos (15 adultos y 10 subadultos), se determinó contenido de grasa, proteínas y humedad en músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel para determinar cambios en composición durante el invierno. Únicamente corazón y músculo cambiaron significativamente. El músculo incrementó su peso conforme avanzó la temporada principalmente por un incremento en proteína. El corazón no cambió significativamente de peso pero si en composición; presentó principalmente variaciones en el contenido de proteína. Se determinó el peso magro (peso sin grasa) y el contenido de grasa total corporal. La grasa total aumentó para finales del invierno como respuesta a la migración inminente. Por medio del peso magro determinado en laboratorio, el peso total y las medidas morfométricas se realizó un modelo para determinar peso magro y grasa total *in vivo*. El mejor modelo fue el que incluyó el largo del tarso y el peso total. Este modelo se aplicó al resto de las aves capturadas y se determinó el peso magro y grasa total. Se utilizó un individuo promedio por clase (machos y hembras, adultos y subadultos) y se determinaron las posibles distancias de vuelo (kilómetros por gramo de grasa) dado el contenido de grasa de cada individuo. Para individuos invernantes se encontró que pueden volar un promedio de 150 km. para los depósitos que presentan durante el invierno. Esta no es una distancia muy grande que pudiera tener implicaciones negativas de supervivencia si desaparecieran zonas de repostamiento intermedias entre las áreas de reproducción e invernación.

Palabras clave: *Calidris mauri*, invernación, masa corporal.

ABSTRACT of the Thesis of YOLANDA YOLOXÓTCHITL SANDOVAL MENDOZA, presented as partial requirement to obtain the MASTER IN SCIENCES grade in MARINE ECOLOGY. Ensenada, Baja California, México. Noviembre 1996.

"BODY MASS AND CONDITION RELATIONS FOR *Calidris mauri* (SCOLOPACIDAE) AT THE PUNTA BANDA ESTUARY".

During migration and wintering at the estero Punta Banda (october to march, 1994-1995) we captured 412 western sandpipers (*Calidris mauri*) classifying 389 by age and sex; ringing, weighting and measuring (bill length, tarsus, total wing and wing chord). We determined body mass changes by class (Total weight $X_{\text{Males}}=23.5\pm1.20$ g and $X_{\text{Females}}=25.5\pm1.78$ g). We sacrificed 25 males (10 juveniles and 15 adults) and determined fat free mass, fat content, muscle, heart, kidney, liver and skin mass and composition through the winter. To predict Western Sandpiper fat free mass and fat content *in vivo* we developed a model based on morphometric measurements and body mass, the best model was the one that included tarsus length and total weight. We applied the model to all captured birds. We estimated possible flight ranges for typical birds by class and we find that they can fly an average of 150 km with their winter deposits.

Keywords: Western Sandpiper, wintering, body mass.

DEDICATORIA

A mi abuela Lola, mi gran ejemplo a seguir.

A mis padres y hermanos, por su amor y apoyo, siempre...

A Eriko con amor.

A mi abuelo Alberto, siempre perseverante, hasta el fin...

... el fin es sólo el principio.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada quiero agradecer al Dr. Horacio de la Cueva la dirección de la tesis, sus revisiones constantes y sin tardanza, las sugerencias y discusiones y sobre todo; su amistad, paciencia y tiempo. A su implacable ataque de la mancha morada.

Al comité de tesis, Dr. Steve Bullock, Dra. Abby Powell y Dr. Ciro Martínez; por el tiempo dedicado a mejorar esta tesis.

Al inigualable equipo de *Calidris mauri* del CICESE, excelentes compañeros de campo y viaje, críticos objetivos durante los foros de discusión y entrañables compañeros en las largas horas de trabajo.

Al Dr. Juan Carlos Herguera, que sin deberla ni temerla y casi siempre a deshoras; se vio envuelto en el proceso de desentrañar esta tesis. Una y mil veces gracias por tu tiempo, comentarios, sugerencias y destrozos que ayudaron a mejorar la tesis y a complicarme la existencia.

Al Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada por el apoyo brindado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca crédito que financió la maestría.

A los Dr. Fred Cook, Dr. Dov Lank, Dr. Nils Warnock, Dr. Bob Elner, Dr. Rob Butler, Dr. Horacio de la Cueva, gracias a los cuales ha sido posible formar el International Western Sandpiper Group.

A la CWS/NSERC, a la Universidad de Simon Fraser, al CWS Latin American Program y el CICESE, gracias a los cuales recibimos financiamiento y apoyo logístico.

Al Oc. César Almeda, técnico incomparable, siempre con la mejor disposición para sacarme de los atolladeros y honduras de las computadoras.

A mis amigos, que con sus comentarios y apoyo me ayudaron a llevar a buen término mi trabajo, particularmente a Aída, Alejandra, Alfredo y Sergio.

A Eriko, que ya casi al borde, me animó y dió el último empujón.

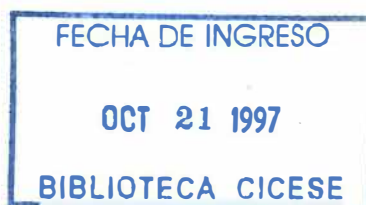
CONTENIDO

PÁGINA

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	10
II.1. OBJETIVO GENERAL	10
II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
III. HIPÓTESIS	12
III.1. Variación estacional de <i>Calidris mauri</i> capturados durante el invierno	12
III.2. Condición corporal de <i>Calidris mauri</i> sacrificados durante el invierno	12
III.3. Modelo de Punta Banda para determinar el contenido de grasa in vivo de <i>Calidris mauri</i>	13
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	14
IV.1. ÁREA DE ESTUDIO	14
IV.2. CAPTURA	16
IV.3. MEDIDAS MORFOMÉTRICAS DE <i>Calidris mauri</i>	17
IV.4. DETERMINACIÓN DE EDAD	17
IV.5. DETERMINACIÓN DEL SEXO	18
IV.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GRASA PECTORAL	18
IV.7. ANILLAMIENTOS	19
IV.8. SACRIFICIO	19
IV.9. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN	20
IV.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	21
IV.11. DETERMINACIÓN DE LAS DISTANCIAS POSIBLES DE VUELO	24
V. RESULTADOS	27
V.1. VARIACIÓN ESTACIONAL DE <i>C. mauri</i>	27
V.2. CONDICIÓN CORPORAL DE <i>Calidris mauri</i>	31
V.3. MODELO PUNTA BANDA PARA DETERMINAR CONTENIDO DE GRASA Y PESO MAGRO in vivo	60
V.4. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE VUELO	73

CONTENIDO (CONTINUACIÓN)

	PÁGINA
VI. DISCUSIÓN	74
VI.1. VARIACIÓN ESTACIONAL EN <i>Calidris mauri</i>	74
VI.2. CONDICIÓN CORPORAL DE <i>Calidris mauri</i>	80
VI.3. MODELO	96
VI.4. DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE VUELO POSIBLES	98
VII. CONCLUSIONES	101
VIII. RECOMENDACIONES	103
IX. LITERATURA CITADA	104



LISTA DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla I.- Número de individuos capturados mensualmente durante el invierno de 1994-95	16
Tabla II.- Calendario mensual de captura y sacrificio de <i>C. mauri</i>	20
Tabla III.- Criterio de selección de individuos de <i>Calidris mauri</i> por clase	22
Tabla IV.- Correlación del Índice de grasa con el peso total por clase de <i>Calidris mauri</i> capturados	31
Tabla V.- Correlaciones del índice de grasa con el peso total (PT), la grasa total (GT), la grasa del músculo (MG) y la grasa de la piel (PG) de <i>C. mauri</i> sacrificados	35
Tabla VI.- Matriz de correlación de las medidas morfométricas, el peso total y el peso magro de las machos sacrificados	63
Tabla VII.- Medias del peso total y las medidas morfométricas de <i>Calidris mauri</i> sacrificados	63
Tabla VIII.- Matriz de correlación del peso total (PT), las medidas morfométricas (Pi:pico, T:tarso, AC:cuerda del ala, AT:ala total), la sumatoria del peso total y tarso (PT+T) y la sumatoria del peso total y pico (PT+Pi) con el peso magro (PM), grasa total (GT), estimados por los modelos Punta Banda (PB) y Boundary Bay (BB) para los machos capturados	67
Tabla IX.- Individuos tipo de <i>Calidris mauri</i> por clase	68
Tabla X.- Valores de peso magro, grasa y depósitos y su desviación estándar obtenidos en el laboratorio y mediante los modelos de Punta Banda y Boundary Bay (Butler com. pers.)	72
Tabla XI.- Distancias posibles de vuelo sin corrección por viento para individuos invernantes de <i>Calidris mauri</i> por clase	73

LISTA DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.- Mapa del estero Punta Banda	15
Figura 2A.- Número de <i>Calidris mauri</i> observadas por mes y su contenido de grasa total (g) durante su estancia en Punta Banda, temporada 1994-95	26
Figura 2B.- Efecto de la manipulación por recapturas en el peso total de los individuos capturados	28
Figura 3.- Variación estacional del peso total de <i>Calidris mauri</i> . El círculo encierra los pesos para la migración de primavera, el óvalo los pesos durante la migración de otoño, la líneas curvas enmarcan el período de invernación (Butler <i>et al.</i> , 1987, Punta Banda 94-95).	29
Figura 4.- Variación mensual del peso total de los individuos capturados en el estero Punta Banda (EPB).	30
Figura 5.- Variación del peso total por edad y mes de los individuos sacrificados	32
Figura 6.- Variación del peso magro y la grasa total por etapa de maduración y mes de captura de los individuos sacrificados	33
Figura 7.- Variación del peso de los órganos por edad y mes de los individuos sacrificados.	34
Figura 8.- Índice de grasa pectoral de los individuos sacrificados por mes.	37
Figura 9.- Variación del peso del músculo y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración.	38
Figura 10.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de músculo de los individuos sacrificados.	39
Figura 11.- Variación mensual del peso del músculo y su composición de los individuos sacrificados.	40

LISTA DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

	PÁGINA
Figura 12.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de músculo de los individuos sacrificados.	41
Figura 13.- Variación del peso del corazón y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración.	43
Figura 14.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de corazón de los individuos capturados.	44
Figura 15.- Variación mensual del peso del corazón y su composición de los individuos sacrificados.	45
Figura 16.- Diferencia mensual en humedad, proteína y grasa por gramo de corazón de los individuos sacrificados.	46
Figura 17.- Variación del peso del hígado y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración.	48
Figura 18.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de hígado de los individuos sacrificados	49
Figura 19.- Variación mensual del peso del hígado y su composición de los individuos sacrificados.	50
Figura 20.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de hígado de los individuos sacrificados.	51
Figura 21.- Variación del peso del riñón y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración.	52
Figura 22.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de riñón de los individuos sacrificados	54
Figura 23.- Variación mensual del peso del riñón y su composición de los individuos sacrificados.	55

LISTA DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

	PÁGINA
Figura 24.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de riñón de los individuos sacrificados.	56
Figura 25.- Variación del peso de la piel y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración.	57
Figura 26.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de piel de los individuos sacrificados.	58
Figura 27.- Variación mensual del peso de la piel y su composición de los individuos sacrificados.	59
Figura 28.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de piel de los individuos sacrificados.	61
Figura 29.- Relación del peso total (PT) y las medidas morfométricas (pico, tarso, AC: cuerda del ala y AT: largo total del ala) con el peso magro (TFFM) y el contenido de grasa (TFAT) para los individuos sacrificados	62
Figura 30.- Relación del peso total (PT), las medidas morfométricas (pico, tarso, AC: cuerda del ala y AT: largo total del ala), la sumatoria del peso total y tarso (PT_TAR) y la sumatoria del peso total y pico (PT_PIC) con el peso magro (PM) y contenido total de grasa (GT) determinados con el modelo Punta Banda (PB) y el modelo Boundary Bay (BB) para los individuos capturados.	66
Figura 31.- Relación de los peso magros de <i>Calidris mauri</i> capturados determinados con los modelos Punta Banda y Boundary Bay, $r^2=0.91$.	70
Figura 32.- A) Relación de los peso magros de <i>Calidris mauri</i> sacrificados determinados con el modelo Punta Banda y los pesos magros determinados experimentalmente, $r^2=0.96$. B) Relación de los peso magros de <i>Calidris mauri</i> sacrificados determinados con el modelo Boundary Bay y los pesos magros determinados experimentalmente, $r^2=0.76$.	71

LISTA DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

	PÁGINA
Figura 33.- Peso total (PT) de adultos y subadultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media anual del peso corporal por clase de <i>Calidris mauri</i> . (Butler et al., 1987, Punta Banda-invierno 1994-1995).	76
Figura 34.- Peso total (PT) de adultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media invernal del peso corporal de <i>Calidris mauri</i> para 1994-95.	77
Figura 35.- Peso total (PT) de subadultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media invernal del peso corporal de <i>Calidris mauri</i> para 1994-95.	79
Figura 36.- Peso total (PT), peso magro (PM) y grasa total (GT) de adultos capturados (determinado con el modelo Punta Banda) y sacrificados(valores obtenidos en laboratorio); estandarizados con respecto a la media invernal del de <i>Calidris mauri</i> para 1994-95.	82
Figura 37.- Peso total (PT), peso magro (PM) y grasa total (GT) de subadultos capturados (determinado con el modelo Punta Banda) y sacrificados(valores obtenidos en laboratorio); estandarizados con respecto a la media invernal del de <i>Calidris mauri</i> para 1994-95.	84
Figura 38.- Pesos húmedos de los órganos de adultos sacrificados; estandarizados con respecto a la media invernal	86
Figura 39.- Pesos húmedos de los órganos de subadultos sacrificados; estandarizados con respecto a la media invernal.	88
Figura 40.- Contenido total de humedad de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernal.	90
Figura 41.- Contenido total de proteína de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernal.	91
Figura 42.- Contenido total de grasa de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernal.	92

LISTA DE FIGURAS (CONTINUACIÓN)

Figura 43.- Contenido total de humedad de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernial.	PÁGINA 93
Figura 44.- Contenido total de proteína de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernial.	94
Figura 45.- Contenido total de grasa de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernial	95

“RELACIÓN DE LA MASA CON LA CONDICIÓN CORPORAL DE *Calidris mauri* (AVES: SCOLOPACIDAE) EN EL ESTERO DE PUNTA BANDA DURANTE EL INVIERNO 1994-95”

I. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de los patrones de migración de la avifauna es importante para entender su ecología y determinar su manejo. Durante los últimos años se ha enfatizado el estudio de aves migratorias dada la naturaleza e importancia de su comportamiento (Robbins, 1983; Lank, 1983). Estudios sobre la relación que existe entre la deposición de grasa y los cambios temporales de la masa corporal, los requerimientos energéticos durante el invierno y la migración y la necesidad de conocer las distancias de vuelo de las aves se han realizado principalmente en Europa (Moreau, 1961; Evans y Smith, 1975; Evans, 1976; Dick y Pienkowski, 1979; Summers y Waltner, 1979; Piersma, 1983; Klaassen *et al.*, 1990; Piersma y Jukema, 1990; Ramenofsky, 1990; Zwarts *et al.*, 1990; Lindström, 1991; Lindström y Piersma, 1993) y E. U. A. (Odum *et al.*, 1965; Johnson *et al.*, 1989; Warnock, 1994) con la finalidad de tener un mayor entendimiento de la estrategia anual de las aves migratorias y de los posibles efectos de la destrucción de humedales.

Todas las aves migratorias acumulan grasa para cubrir necesidades de migración a lo largo del ciclo anual. El consumo de energía de las aves durante el

vuelo es alto (p. ej. Pennycuick, 1975; 1989) en comparación con la capacidad de acumular depósitos (p. ej. Goss-Custard, 1977; Kushlan, 1977; Walsberg, 1983). Los depósitos se definen como la cantidad de nutrimento (grasa y proteínas) acumulada en anticipación a eventos como la reproducción o la migración (King y Murphy, 1985). Las reservas de nutrimento son de tejido (grasa y proteína) que el ave puede metabolizar para no morir por inanición en caso extremo. Las reservas se utilizan sólo en emergencias ya que constituyen los tejidos estructurales básicos necesarios para el funcionamiento de una vida normal (Lindström, 1991).

En los períodos de vida de un ave en que se encuentre en un estado “no acumulativo”, es decir, que no esté en época reproductiva, muda de plumaje, estrés o migración, tendrá reservas completas más no depósitos. El período en que un ave “estabiliza” su peso o masa (se hará uso indistinto de los dos términos) es aquélla en que mantiene los depósitos suficientes para no morir por inanición y para realizar movimientos locales, lo que sugiere una economía energética de la naturaleza (Hairston *et al.*, 1960). En la práctica, es difícil hacer la distinción entre reserva y depósito, pero conceptualmente los términos son importantes para entender las causas y el significado de los cambios de masa (Lindström, 1991).

Existe un gran número de aves migratorias que invernán en territorio mexicano o lo cruzan durante su viaje. Una de estas aves es *Calidris mauri*, Scolopacidae, Charadriiformes (Butler y Campbell, 1990). Esta ave fue escogida

por su ciclo migratorio y la finalidad de este trabajo es obtener información de *C. mauri* durante el invierno. Esta tesis es parte de un estudio internacional sobre *C. mauri* que realizan conjuntamente el Canadian Wildlife Service, CWS/NSERC Wildlife Biology Chair en Simon Fraser University, University of Nevada en Reno y CICESE. La finalidad del estudio es cubrir la ruta de migración en su totalidad y determinar las estrategias que utiliza *C. mauri* a lo largo del año.

Calidris mauri se reproduce desde la boca del Río Kuskokwim hasta Point Barrow (Connors *et al.*, 1979) y Camden Bay (Gabrielson y Lincoln, 1959; en Wilson 1994) en Alaska y en el sureste de Siberia (Holmes 1971, 1972, 1973). Migra hacia el sur por las costas del Pacífico (Senner *et al.*, 1981). Invierna en las zonas de humedales costeros a lo largo de la costa del Pacífico, desde California hasta Perú (Hughes 1979; Duffy *et al.*, 1981; AOU, 1983; Morrison y Ross, 1989; Morrison *et al.*, 1993). En la costa del Atlántico inverna desde Nueva Jersey, se les encuentra en el interior y centro de México (Howell y Web, en prensa) y a lo largo de la costa del Caribe y Centroamérica, Colombia y Venezuela (Morrison y Ross, 1989; Morrison *et al.*, 1993).

Los sitios de internación y migración son componentes del corredor del Pacífico que atraviesa por México y los lugares de estancia invernal en el país. La zona de internación de *C. mauri* va desde California a Perú en la costa del Pacífico y de Carolina del Norte a Venezuela en la costa del Atlántico (Campbell *et al.*, 1990). La migración de otoño hacia los lugares de internación comienza

desde la tercera semana de junio hasta principios de octubre. La migración de primavera hacia el norte, a los sitios de reproducción, ocurre de mediados de abril a finales de mayo. A Baja California llegan a principios de octubre y se comienzan a ir a principios de marzo (Butler *et al.*, 1987 y obs. pers.).

C. mauri es una de las aves playeras más abundantes de América, con una población estimada de 6.5 ± 0.5 millones de aves (Wilson, 1994). Es un ave pequeña de 14-17 cm de tamaño, entre 20 y 35 g de peso total. No presentan diferencias de plumaje por sexo sin embargo las hembras son más grandes y pesadas (Page y Fearis, 1971; Wilson, 1994). El plumaje de invierno (básico) es de color café grisáceo y los subadultos del primer invierno se diferencian por medio de la coloración canela en el borde las plumas escapulares y terciarias en la cobertura superior de las alas mientras que los adultos tienen ese borde de color blanco y mayor gasto en las plumas (Page *et al.*, 1972, Cramp y Simmons, 1983). Las aves que invernán en Sudamérica (adultos y subadultos) cambian al plumaje reproductivo (alternativo) entre febrero y marzo, estas presentan el plumaje de color café negruzco, notablemente más oscuro (Wilson, 1994). *C. mauri* presenta una masa total media de 24.2 g (18-30) en California durante marzo y la primera mitad de abril, 25.6 g (20-32) durante la segunda mitad de abril y mayo, 27.9 g (21-35) en la isla de Vancouver y Alaska durante esta misma fecha (Cramp y Simmons, 1983). En el delta del Río Copper presentan una masa total media de 28 g para la hembras y 27 g para los machos con aves de hasta un

máximo de 42 g de peso (Wilson, 1994). Durante la primavera en Grays Harbor la media de la masa total para los machos es de 26.3 g y 28.1 g para las hembras. Durante el invierno, en Venezuela presentan una media de 23.2 g (Burton, 1973).

Las aves migratorias depositan grasa (energía) para los períodos de migración (Odum *et al.*, 1965). Estos depósitos de grasa se consideran necesarios para abastecer de combustible durante vuelos de grandes distancias sobre lugares sin alimento o refugio. El vuelo migratorio es una actividad con una demanda energética continua y ya que los requerimientos de energía son altos, se puede pensar que el vuelo prolongado puede llevar al agotamiento. El rendimiento energético de un gramo de grasa es aproximadamente el doble del obtenido por un gramo de hidrato de carbono. Para la migración se debe obtener la cantidad máxima de energía de una cantidad limitada de combustible, por lo tanto, la grasa es el combustible más conveniente para esta actividad (Pennycuick, 1975; Robbins, 1983). La demanda energética de la migración requiere la necesidad de depositar grasa en la mayor cantidad posible en las semanas anteriores a la migración de primavera y otoño, reflejada en incrementos paulatinos en los depósitos (Hairston *et al.*, 1960; Butler *et al.*, 1987). Previo a la partida y durante la migración, muchas especies acumulan grandes depósitos de grasa que en algunos casos equivalen hasta el 50% del peso corporal magro (Butler *et al.*, 1987; Klaassen *et al.*, 1990). Es necesario conocer las cantidades y proporciones de grasa y proteínas que se almacenan y posteriormente se

consumen durante el vuelo, para discernir los procesos fisiológicos de las migraciones largas (Hart y Berger, 1972; Ramenofsky, 1990). Un acercamiento para conocer los depósitos de grasa de *C. mauri* a partir de la determinación de peso magro fue desarrollado durante la migración de otoño de 1993 en la zona de Boundary Bay, Canadá (Butler, com. pers.). Dicho modelo determina el peso magro de *C. mauri* a partir del peso total y el largo del pico o culmen. Es un modelo general aplicable a toda la población de *C. mauri*, específicamente durante los períodos de migración.

La migración de otoño de *C. mauri* ocurre durante la época en que la cantidad de alimento disponible en los lugares de reproducción ha disminuido, es poca o impredecible y el tiempo disponible para alimentarse posiblemente esté restringido, así, la finalidad de la migración es llegar a lugares más hospitalarios (Davidson, 1981). Durante su estancia en los sitios de invernación se espera que las aves se recuperen del vuelo de la migración de otoño, pasen el invierno y se preparen para el viaje de regreso a su lugar de reproducción durante el movimiento migratorio de primavera (Piersma y Jukema 1990, Zwarts *et al.*, 1990).

La duración del vuelo continuo puede estar limitada por factores como la necesidad de descansar (recuperarse del agotamiento debido a la distancia recorrida), pero el límite práctico de la resistencia en aves migratorias está determinado por la cantidad de combustible que se puede depositar y levantar al

despegar. Hay evidencia de aves canoras que pueden volar 50-60 h continuas regularmente (Moreau, 1961). También existe evidencia de que durante la migración hacia el Norte en la primavera, *C. mauri* puede volar sin detenerse durante 72 h cuando viaja del delta del río Fraser en Canadá hasta el área de reproducción en Alaska (Warnock, de la Cueva y Butler, com. Pers.). Sin embargo, comparativamente al *Calidris. alpina*, *C. mauri* presenta depósitos de grasa menores, lo que sugiere que realiza mayor número de paradas de repostamiento durante la migración (Wilson, 1994).

La mayoría de las aves playeras transportan depósitos de energía ya sea para suplir el déficit en el requerimiento de energía diaria o para realizar movimientos o vuelos. La distancia que un ave puede volar está determinada por la cantidad de combustible en forma de grasa (expresada como una fracción de la masa corporal), el gasto de dicho combustible, el tamaño de las alas y la velocidad de vuelo del ave. Las distancias posibles de vuelo han sido revisadas de manera extensa por Davidson (1984), Summers y Waltner (1979) y Pennycuick (1975, 1989), los cuales han desarrollado ecuaciones para predecir las distancias de vuelo de aves; entre ellas, las aves playeras, a partir la diferencia del peso al inicio y final del vuelo, es decir, cuanta grasa consume el ave durante el vuelo en una distancia determinada. Se toma en cuenta la cantidad de energía que requiere el ave para volar, un ave que vuela horizontalmente a velocidad constante consume energía de modo constante, lo

de combustible por unidad de distancia y como consecuencia en una distancia recorrida. Se debe distinguir entre la distancia de aire sin viento y la distancia lograda, la cual puede ser afectada positiva o negativamente por el viento (Pennycuick, 1975; 1989).

La teoría aerodinámica (Pennycuick, 1975) está relacionada con la forma de los cuerpos, los efectos del viento durante la migración y otras variables que pueden proveer datos fundamentales y de mayor precisión para determinar las distancia de vuelo. Los principios aerodinámicos del vuelo animal están fuera del alcance de esta tesis, basta decir que para volar, el ave está obligada a realizar un gasto mecánico de energía. En última instancia este gasto se refleja en la cantidad de combustible consumido o que se pueda consumir (Pennycuick, 1975). Si se conoce la velocidad de un ave durante su vuelo y la cantidad de grasa que tiene almacenada se puede calcular la distancia que es capaz de volar sin alimentarse bajo condiciones atmosféricas determinadas. Este tipo de análisis tiene particular interés con relación a las migraciones aéreas de grandes distancias (Gordon, 1982), como la que realiza *C. mauri*. Senner *et al.*, (1989) estimaron la distancia de vuelo posible de *C. mauri* en 600 ± 77 km. durante su estancia en el delta del Río Copper.

Es importante establecer una correlación entre la condición corporal, la distancia de vuelo (ya sea para movimientos locales o migratorios) y la temporada (migración o invernación) para entender el uso de lugares de invernación y

descanso como Punta Banda y su comparación posterior con otros lugares de invernación y migración. El establecer esta correlación permite entender que utilización da *C. mauri* a los depósitos y reservas durante su estancia en Punta Banda. Se espera que durante el invierno *C. mauri* tenga depósitos bajos. Lo suficientemente bajos como para realizar movimientos locales en un área de 30 km², dentro y alrededor del estero Punta Banda. El lograr la valoración de la reserva energética de *C. mauri* al obtener datos de la posible utilización y rendimiento de energía durante la migración e invernación permite contribuir a mejores modelos de la fenología migratoria de *C. mauri*.

II. OBJETIVOS

II.1. OBJETIVO GENERAL

Establecer la relación que existe entre el peso magro del ave, los depósitos, el peso total y las características morfológicas: largo del pico, del tarso, ala total y la cuerda del ala, para calcular un modelo que determine el contenido de depósitos de grasa de *C. mauri in vivo* durante su estancia en el estero Punta Banda, Ensenada, B. C.

II.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Variación estacional de *Calidris mauri* capturados durante el invierno.

Determinar los cambios en el peso total de las cuatro clases (machos y hembras, adultos y subadultos) durante el invierno.

Establecer una correlación entre el índice cualitativo de grasa y el peso total de *C. mauri*.

Determinar el efecto de manipulación por captura sobre el peso total de las aves recapturadas.

Condición corporal de *C. mauri* machos sacrificados durante el invierno

Determinar los cambios a través de la temporada en el peso total de los individuos sacrificados y determinar el peso magro y grasa de *C. mauri* por medio de la extracción de grasas y determinación de proteínas.

Extraer la grasa, determinar las proteínas y contenido de humedad de músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel y determinar sus diferencias de peso y composición.

Establecer una correlación entre el índice cualitativo de grasa, la grasa total, el peso de órganos y el peso total de los *C. mauri* sacrificados.

Determinación de la masa magra de *C. mauri* por medio de un modelo

Desarrollar un modelo que determine el peso magro de *C. mauri in vivo* a partir del peso total y las medidas morfométricas (largo del pico, del tarso, ala total y la cuerda del ala).

Realizar una comparación entre el modelo de Boundary Bay obtenido por Butler (com. pers.) y el modelo obtenido para esta tesis.

III. HIPÓTESIS

III.1. Variación estacional de *Calidris mauri* capturados durante el invierno

Ho₁: No existen cambios en el peso total de *C. mauri* durante el período de invernación.

Ho₂: No existe correlación entre el índice cualitativo de grasa y el peso total de *C. mauri*.

Ho₃: La manipulación de *C. mauri* no tiene efecto sobre su peso total.

III.2. Condición corporal de *Calidris mauri* sacrificados durante el invierno

Ho₅: No existen cambios en el peso total, el peso magro, el contenido de grasa, el peso total y la composición de músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel durante el período de invernación.

Ho₅: No existen diferencias en el peso total, el peso magro, el contenido de grasa, el peso total y la composición de músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel por etapa de maduración.

Ho₆: No existe correlación entre el índice cualitativo de grasa y el peso total, el peso magro, la grasa total, la grasa de músculo y la grasa de piel de *C. Mauri*.

III.3. Modelo de Punta Banda para determinar el contenido de grasa in vivo de *Calidris mauri*

Ho₇: No existe correlación entre el peso total, las medidas morfométricas, el peso magro y la grasa total de *C. mauri*.

Ho₈: No existen diferencias entre los valores de peso magro, grasa total y depósitos obtenidos en el laboratorio, mediante el modelo de Punta Banda y el modelo de Boundary Bay.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estero Punta Banda es un sitio favorable para el estudio de la migración y ecología invernal de *Calidris mauri*, así como logísticamente accesible (Warnock, 1996). El estero de Punta Banda es una de las cinco lagunas costeras de Baja California en la costa del Pacífico (Palacios *et al.*, 1991). Es una laguna con barrera. Se encuentra localizada 13 km. al Sur de la ciudad de Ensenada, B. C., entre 31°40' y 31°48' N y 116°34' y 116°40' W, con una extensión de 20 km² (Figura 1) (Ibarra-Obando y Escofet, 1987; Escofet *et al.*, 1988). Las mareas del estero son semidiurnas, su amplitud media es de 1.04m. El efecto de las mareas es notorio sobre la laguna, ya que se puede vaciar el 60% del agua durante un ciclo de mareas (Paz-Vela, 1978). El estero, por su playa externa y sus planicies lodosas, representa un recurso supuestamente indispensable para aves playeras como *C. mauri* (Escofet *et al.*, 1988; Palacios y Escofet, 1990; Buenrostro, 1996). Se han llegado a contar hasta cinco mil individuos de *C. mauri* en el estero de Punta Banda (R. W. Butler, F. Cooke y E. Palacios com. pers.).

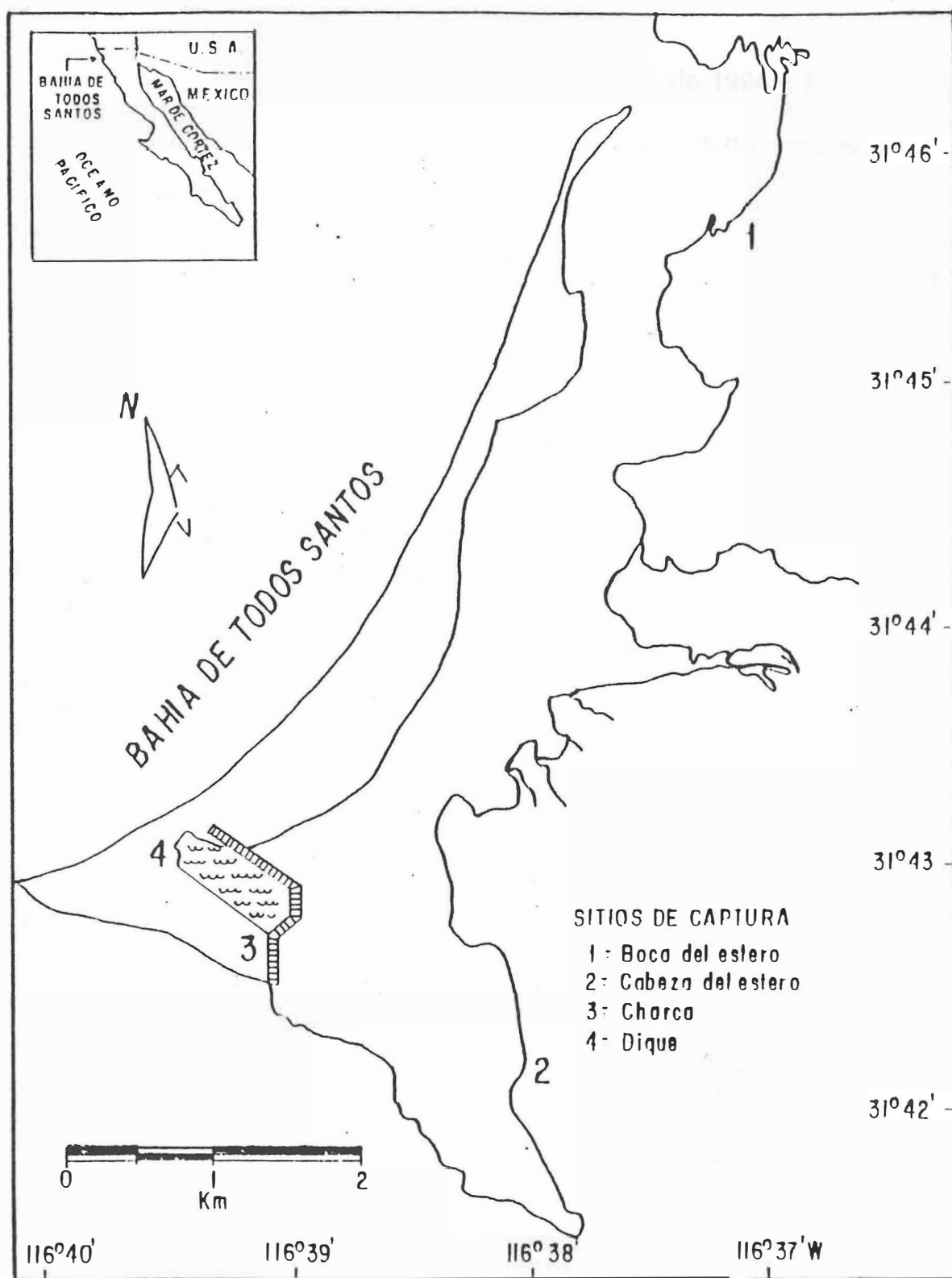


Figura 1.- Mapa del estero Punta Banda.

IV.2. CAPTURA

Se realizaron capturas diurnas desde Octubre de 1994 a Marzo de 1995 (Tabla I) a lo largo del período de invernación y migración de primavera, durante las semanas de mareas más altas del mes (mas de 1.35 m. S. N. M. M.). Durante esta temporada se capturaron 412 aves con redes de niebla de Avinet colocadas en áreas que *C. mauri* utiliza.

Tabla I.- Número de individuos capturados mensualmente durante el invierno de 1994-95.

<i>Fechas</i>	<i>Individuos capturados</i>
Oct. 13, 1994	10
Nov. 4-11, 19, 24, 1994	158
Dic. 3-7, 1994	63
Ene. 17-22, 1995	146
Feb. 2, 14-19, 1995	22
Marzo 1, 3, 1995	13
Total	412

Las aves capturadas se sacaron de las redes tan pronto como fue posible y se mantuvieron en canastos de plástico (Rubbermaid 54) cubiertos con tela, en los cuales tenían espacio suficiente para caminar. Las aves fueron pesadas con un dinamómetro Pesola con 0.5g de precisión; marcadas con anillos de plástico de color resistentes a la luz ultravioleta (Darvic) y con anillos de metal proporcionados por la U. S. Fish and Wildlife Service. Fueron medidas con vernier (Tajima) con una precisión de 0.1 mm y regla milimétrica con 0.5 mm de

precisión, se determinó etapa de maduración, sexo y un índice cualitativo de grasa. De los individuos capturados se recapturaron 17 aves a lo largo de la temporada, a estas aves se les pesó y midió de nuevo.

IV.3. MEDIDAS MORFOMÉTRICAS DE *Calidris mauri*

Las medidas de las aves se realizaron de la siguiente manera:

Medida de culmen o pico: se realiza con un vernier a partir del nacimiento del pico a la punta.

Medida de tarso: se realiza con un vernier a partir de la articulación de la rodilla hasta la primera articulación de las falanges.

Medida de ala total: se realiza al mantener el ala abierta presionada contra una regla milimétrica.

Medida de la cuerda del ala: se realiza al mantener el ala presionada contra una regla milimétrica.

IV.4. DETERMINACIÓN DE EDAD

Durante el invierno *C. mauri* presenta diferencias en el color del plumaje entre los subadultos y los adultos. Subadulto es el término utilizado para denominar a las aves durante el primer año de vida y es aplicado a los individuos desde su llegada a las zonas de invernación en el otoño hasta la primavera siguiente, es decir, durante su primer invierno, (Johnson *et al.*, 1989; Warnock,

1994). Los subadultos se diferencian de los adultos debido al color canela que presentan en el borde de las plumas escapulares y terciarias en la cobertura superior de las alas. Los adultos presentan este borde de color blanco y en general las plumas primarias se encuentran más desgastadas (Page *et al.*, 1972).

IV.5. DETERMINACIÓN DEL SEXO

Aproximadamente el 90% de *C. mauri* puede ser sexado de acuerdo a la medida del pico o culmen expuesto (Page y Fearis ,1971; Prater *et al.*, 1973). Los individuos con un culmen menor o igual a 24.2 mm son machos. Los individuos con un culmen igual o mayor a 24.8 mm son hembras. A los individuos con un culmen que mide entre 24.3 y 24.7 no se les puede determinar el sexo.

IV.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE GRASA PECTORAL

Es un valor asignado cualitativamente a la cantidad de grasa amarilla visible a través de la piel que se acumula entre la fúrcula:

0 sin grasa

1 un poco de grasa

2 cubierta de grasa, cóncava y delgada

3 grasa con una pequeña depresión

4 grasa homogénea

5 grasa abultada

IV.7. ANILLAMIENTOS

Las aves fueron marcadas en la parte superior de la pata izquierda con un anillo de metal y un anillo de plástico amarillo como código de México. Como identificación individual se utilizó la combinación de 3 a 5 anillos de colores (Amarillo, Blanco, Rojo y Verde).

IV.8. SACRIFICIO

La mayoría de las aves fueron procesadas y liberadas generalmente en un tiempo menor a una hora desde su captura, con excepción de los individuos que fueron capturados y sacrificados. Para evitar confusiones posteriores, las aves que fueron capturadas y liberadas serán identificadas como individuos capturados, las aves que se utilizaron para los análisis de composición corporal serán identificadas como individuos sacrificados.

Durante la temporada se sacrificaron 30 individuos (Tabla II), después de pesarlos y medirlos; 20 individuos dentro de lo planeado (I.N.E. oficio No. AOO 700 (2).-00726, 1994), los diez restantes murieron por accidente: por asfixia al quedar enredados en las redes por demasiado tiempo, ahogados al quedar la red dentro del agua o sacrificados por estar lastimados. En total se capturaron 4 hembras (una adulta y tres subadultas); y 26 machos, (11 subadultos y 15 adultos). Se guardaron en bolsas de plástico dobles y se congelaron hasta su disección.

Tabla II.- Calendario mensual de captura y sacrificio de *C. mauri*:

<i>Fechas de captura y sacrificio</i>	<i>Número de individuos</i>
Oct. 8 y 13	5 (tres machos y dos hembras)
Nov. 7 y 19	5 y 2 por accidente (seis machos y una hembra)
Ene. 21	5 y 7 por accidente (11 machos y una hembra)
Feb. 26	Un macho por accidente
Mar. 1o	5 (cinco machos)

IV.9. ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN

Las aves sacrificadas se descongelaron y disectaron en el laboratorio (26 y 27 de enero, 4 de marzo), se revisaron los órganos reproductores para corroborar la determinación de sexo (de la Cueva com. pers.). Se separaron por órganos: músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel. Cada órgano fue pesado (peso húmedo) y congelado por separado en viales para su posterior análisis en el laboratorio. Una vez congelados, se deshidrataron por liofilización a peso constante. Para cada tejido y por triplicado se extrajeron grasas (n=450 muestras) por el método de Bligh y Dyer, (1959) y proteínas (n=450 muestras) por el método de Lowry *et al.*, (1951), corregido por Malara y Charra, (1972). Se obtuvo un valor promedio para nutrimento para cada órgano. Por diferencia entre el peso húmedo y el peso seco se determinó el contenido de humedad para cada órgano. Para determinar el peso magro se sumaron los valores de proteína y humedad obtenidos para cada órgano y se adicionó el peso del resto del cuerpo: esqueleto, plumas, etc. De aquí en adelante cuando se haga mención al peso de los

órganos o peso total de los órganos se hará referencia a la sumatoria de los pesos del músculo esquelético, corazón, hígado, riñón y piel.

IV.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizaron los programas de computadora: STATISTICA for WINDOWS 4.5 para ANOVA de una vía, Prueba de Levene's para normalidad, regresiones múltiples, estandarización de datos, gráficas. MICROSOFT EXCEL for WINDOWS 5.0 para la estadística descriptiva, gráficas y transformaciones. JSTAT for MS-DOS para prueba *t* de Student, prueba de Spearman, ANOVA de dos vías, regresiones múltiples (Spiegel, 1970; Marqués de Cantú, 1981; Mendenhall, 1983; Zar, 1984). Todos los análisis se realizaron con $\alpha=0.05$.

Por medio de la prueba de Levene's se determinó la normalidad de los datos del peso total para los individuos capturados y liberados durante la temporada. Para los individuos capturados y liberados se realizó una prueba *t* de Student para comparar los pesos de los individuos recapturados y un ANOVA de dos vías para buscar diferencias entre las clases (machos adultos y subadultos, hembras adultas y subadultas) a través de la temporada (octubre, noviembre, enero y marzo); no se incluyeron 23 individuos de sexo o edad indeterminados (Tabla III). Se correlacionaron el índice de grasa y el peso total por etapa de maduración a lo largo de la temporada por medio de la *r* de Spearman.

Tabla III.- Criterio de selección de individuos de *Calidris mauri* por clase.

	De inclusión	De eliminación
Sexo	Aquellas aves adultas, cuyo pico midió más de 24.7 mm (hembras) y menos de 24.3 mm (machos).	Aquellas aves adultas cuyo pico midió entre 24.3 y 24.7 mm, (Page y Fearis 1971).
Edad	Adultos: aquéllos individuos que presentan un plumaje grisáceo. Subadultos: aquéllos individuos que presentan una coloración canela en la puntas de las plumas escapulares terciarias en la cobertura de las alas.	Aves que no se diferenciaron debido al cambio de plumaje reproductivo a alterno (octubre) y de alterno a reproductivo (marzo).

Debido a que las aves playeras pierden peso rápidamente cuando se encuentran en cautiverio, la manipulación se debe realizar en el menor tiempo posible (Warnock, com. pers.), de preferencia en un tiempo menor a una hora, ya que posterior a este tiempo además de sufrir deshidratación pierden peso por metabolizar sus depósitos. Para controlar el efecto de la captura a largo plazo, posterior a la liberación, se compararon por medio de una prueba *t* de Student los pesos totales de los individuos que se recapturaron.

Para los individuos sacrificados se obtuvieron valores promedio de los resultados de proporción de proteínas y grasa obtenidos por triplicado para cada ave. Se realizó una prueba *t* de Student y se encontró que dentro de la muestra no había diferencias entre machos y hembras, $t=0.744$, $gl=1$, $p=0.49$, pero si las había entre adultos y subadultos, $t=-20.503$, $gl=1$, $p<0.01$, por lo que el análisis de varianza inicial se realizó con hembras y machos adultos y subadultos. Al excluir a las hembras y a un macho subadulto (única muestra para el mes de

febrero) la varianza disminuyó significativamente en los análisis, por lo que la muestra se redujo a 25 machos (10 subadultos y 15 adultos).

Al igual que para el total de individuos capturados se quiso realizar un ANOVA de dos vías para las etapas de maduración a través de la temporada. Dado que para el mes de octubre se tenían datos de un adulto y para el mes de enero había datos para un subadulto, no había varianza en esos meses. Por consiguiente se decidió utilizar ANOVA de una vía para buscar por separado las diferencias por etapa de maduración y a través del tiempo. Se realizó el ANOVA para la etapa de maduración y como no se encontraron diferencias, se realizó el ANOVA para los distintos meses de captura; octubre ($n=3$), noviembre ($n=6$), enero ($n=11$) y marzo ($n=5$).

Para los datos de composición de los órganos, es decir los gramos de nutrimento por gramo de órgano; se realizó una transformación arco seno para obtener homocedasticidad, ya que los porcentajes pueden presentar una distribución sesgada (Zar, 1984). Los datos transformados no fueron diferentes de los originales, así que se utilizaron los datos sin transformar. Además que se puede suponer una distribución normal ya que provienen de una población normal. Se realizó un ANOVA de una vía por etapa de maduración y otra por mes de captura para establecer cambios en la composición de órganos.

Para todos los datos se realizó una transformación para normalizar las variables y facilitar la comparación por etapa de maduración y los cambios a través de la temporada.

Con la r de Spearman se correlacionaron el índice de grasa con: peso total, grasa total y grasa de músculo, corazón y piel para adultos y subadultos.

Por regresión múltiple y una matriz de correlación del peso magro y el contenido de grasa obtenidos en el laboratorio, el peso total y las características morfológicas se desarrolló un modelo para predecir el peso magro, el contenido de grasa y los depósitos *in vivo* de *C. mauri* a partir de medidas fáciles de obtener en el campo. Para este modelo se utilizaron el peso magro y el contenido de grasa como variables dependientes y se utilizaron medidas morfométricas (pico, tarso, ala cuerda y ala total) y el peso total *in vivo* como las variables independientes para encontrar cual de las combinaciones de dichas variables se correlacionaban mejor con el peso magro y contenido de grasa determinados en el laboratorio. Se realizó una comparación de este modelo con el desarrollado por Butler (com. pers.) y los datos obtenidos en el laboratorio por medio de una prueba t de Student.

IV.11. DETERMINACIÓN DE LAS DISTANCIAS POSIBLES DE VUELO

Se calcularon las distancias de vuelo posibles para los individuos típicos de cada clase durante el invierno (noviembre $n=148$, diciembre $n=53$ y enero $n=143$,

meses con mayor número de observaciones. Figura 2A); con reserva y pendientes de estudios posteriores, con tres ecuaciones distintas: Summers y Waltner (1979) (Ec. 4.1) y una modificación a esta ecuación realizada por Davidson (1984) (Ec. 4.2) (en Johnson *et al.*, 1989), para las cuales se utilizaron la velocidades máximas de vuelo de *C. mauri* determinadas con el programa desarrollado por Pennycuick (1989). La tercera ecuación es la desarrollada por Pennycuick (1989) (Ec. 4.3). Las tres ecuaciones no tienen corrección para el viento.

Summers y Waltner (1979):

$$Y=163.24(S)(T^{0.256}-M^{0.256}) \quad \text{Ec. 4.1}$$

Donde:

Y=Distancia de vuelo

S= Velocidad de vuelo

T= Peso total (g)

M= Peso magro (g)

Davidson (1984):

$$Y= 95.447(S)(T^{0.302}-M^{0.302}) \quad \text{Ec. 4.2}$$

Pennycuick (1989):

$$Y= K/g(L/D)\log_e(W_1/W_2) \quad \text{Ec. 4.3}$$

Donde:

K= trabajo mecánico obtenido por unidad de masa grasa (8×10^6 J/g)

g= aceleración gravitacional (9.81 m/s)

(L/D)= proporción levante/arrastre máximo dada por el tamaño de las alas (m)

L= peso del ave

D= arrastre total dado por el tamaño de las alas

W_1 = peso al principio del vuelo

W_2 = peso al final del vuelo

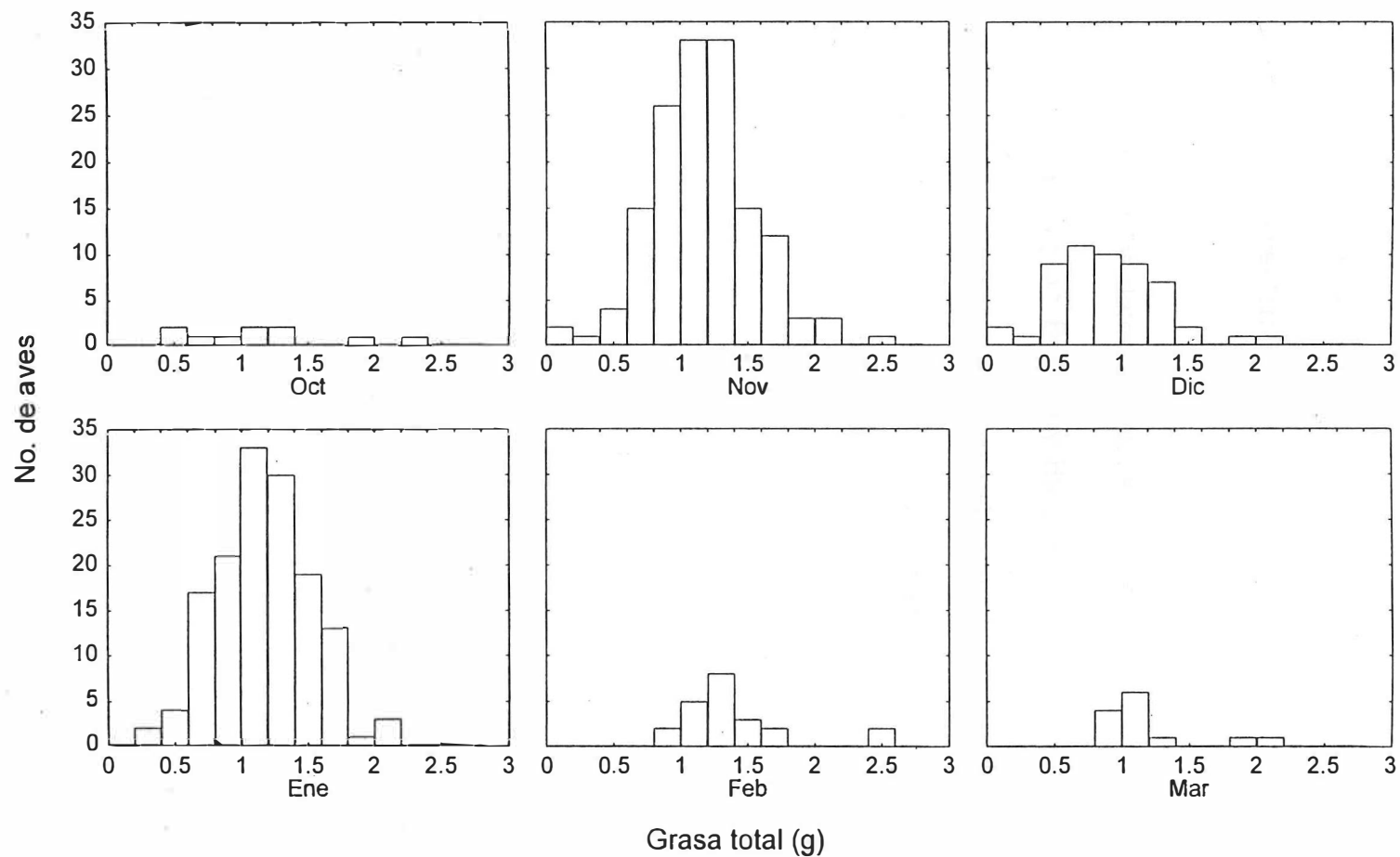


Figura 2A.- Número de *Calidris mauri* observadas por mes y su contenido de grasa total (g) durante su estancia en Punta Banda.

V. RESULTADOS

V.1. VARIACIÓN ESTACIONAL DE *C. mauri*

Masa corporal (Figura 2B).- Con excepción de un ave, las aves recapturadas no presentaron cambios significativos en el peso total, $t=-0.48$, $gl=3$, 25 , $p=0.76$.

Al comparar los datos obtenidos en este estudio y los datos obtenidos por Butler *et al.*, (1987) para Boundary Bay, se observó la tendencia del peso total que cambia debido a las variaciones estacionales que presenta *C. mauri* (Figura 3). Se supuso que no hay variación interanual en los pesos totales.

Variación mensual (Figura 4).- Se encontró que para los machos no existen diferencias significativas por edad, $F=0.31$, $gl=1$, 320 , $p=0.58$; pero si presentaron cambios altamente significativos al paso de la temporada, $F=6.71$, $gl=3$, 316 , $p<0.01$. Las hembras no presentaron diferencias significativas durante la temporada $F=1.98$, $gl=3$, 46 , $p=0.12$; pero si hubo diferencias significativas entre adultas y subadultas $F=5.59$, $gl=1$, 49 , $p=0.02$.

La correlación entre el índice de grasa (IG) y el peso total fue significativa pero pobre para el total de la muestra. Los machos subadultos y las hembras adultas también tuvieron una correlación significativa con el índice de grasa, las hembras adultas presentaron la correlación más alta, aunque es la muestra más pequeña. El peso total de los machos adultos y las hembras subadultos no tuvo una correlación significativa con el IG (Tabla IV).

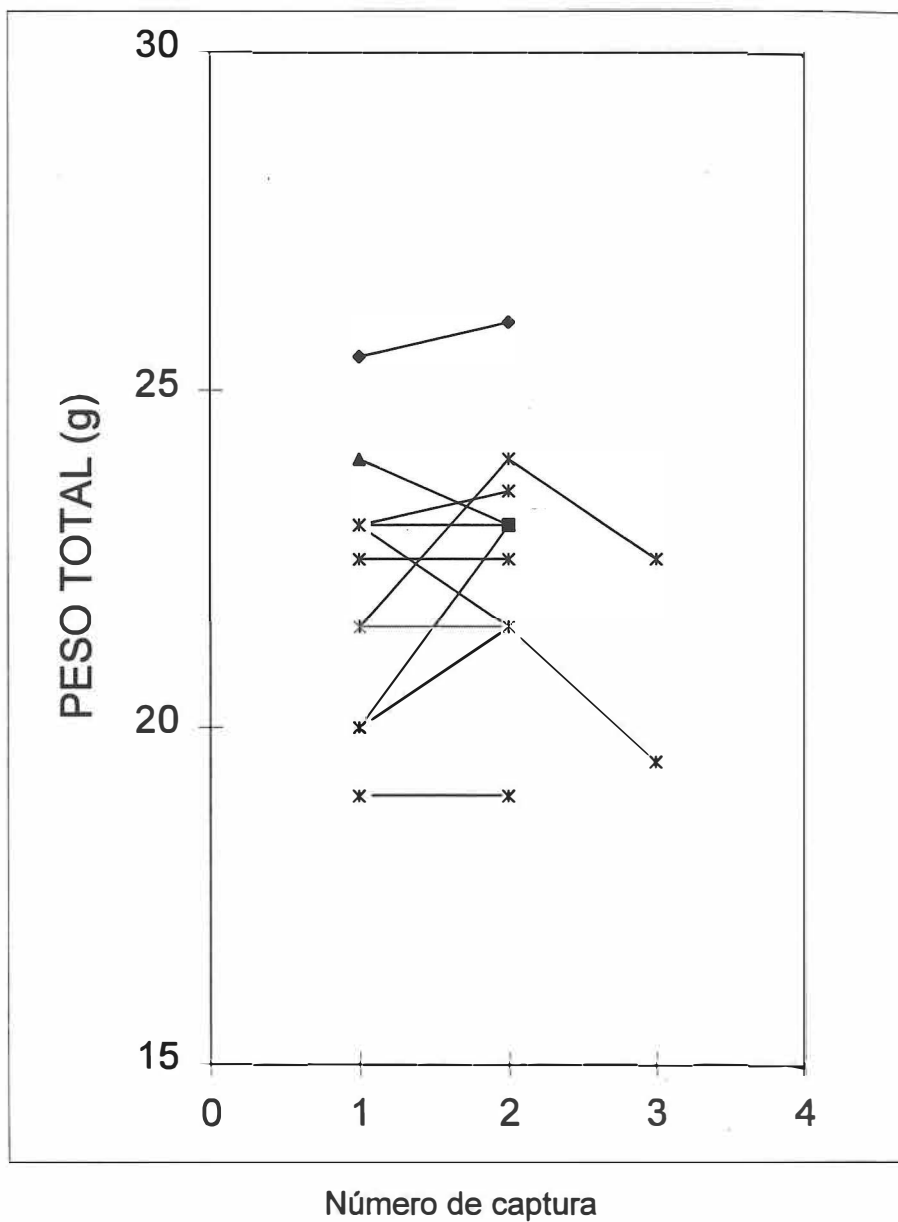


Figura 2B.- Efecto de la manipulación por recapturas en el peso total de los individuos capturados $t=-0.48$, $gl=3$, $p=0.68$.

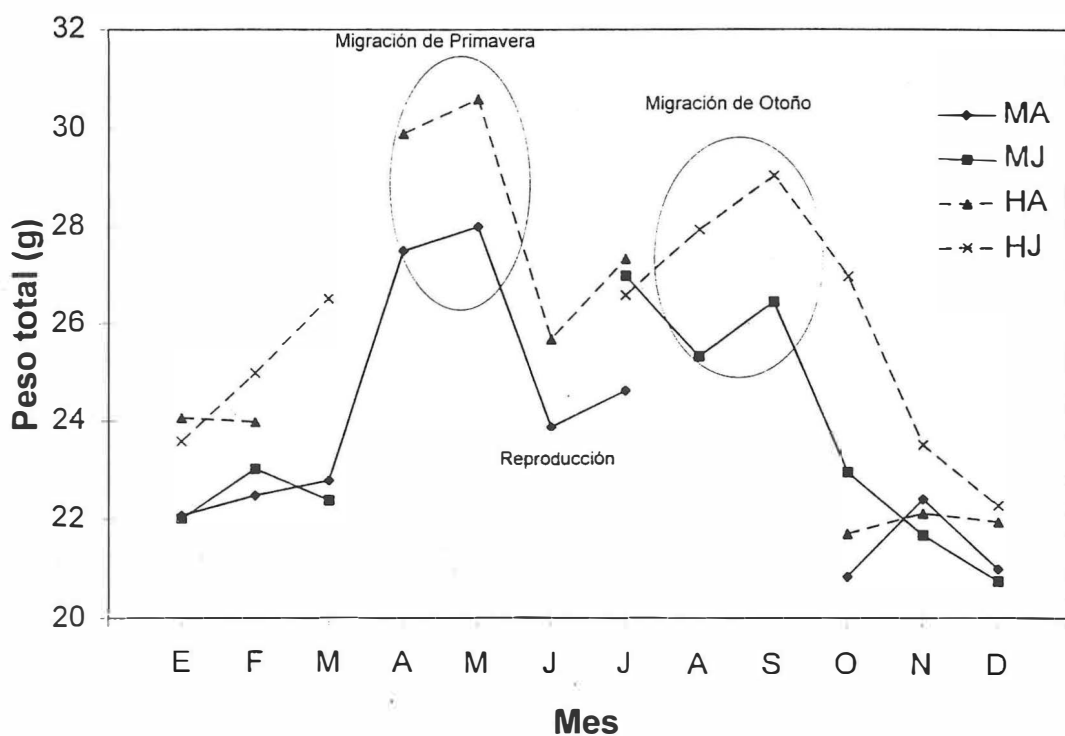


Figura 3.- Variación estacional del peso total de *Calidris mauri*. Los óvalos encierran los pesos para la migración de primavera y de otoño, la líneas curvas enmarcan el período de invernación (Butler *et al.*, 1987, Punta Banda 94-95). MA- machos adultos, MJ- machos subadultos, HA- hembras adultas, HJ- hembras subadultas.

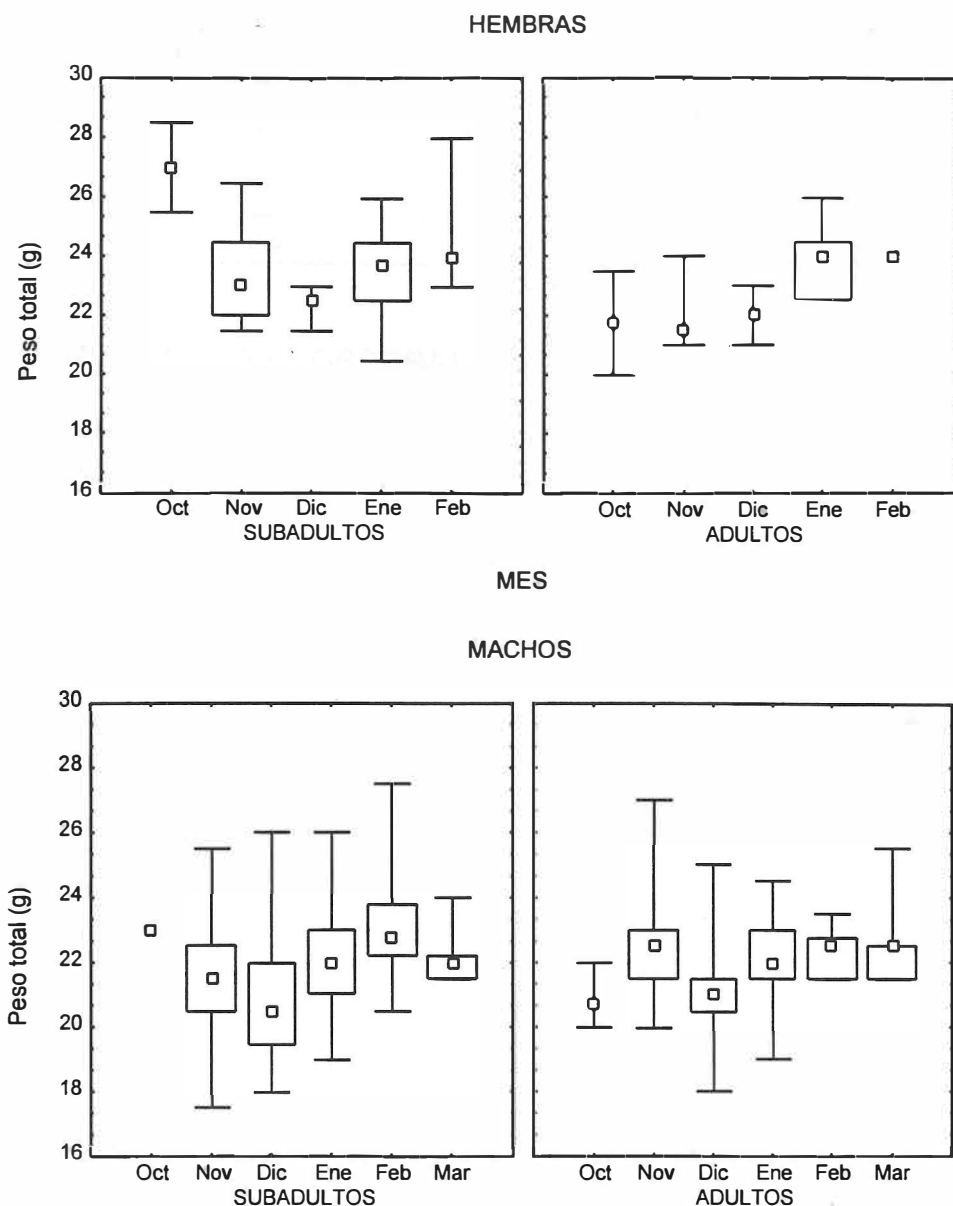


Figura 4.- Variación mensual del peso total de los individuos capturados en el estero Punta Banda (EPB). **ANOVA para machos:** Mes, $F=6.71$, $gl=3$, 316 $p<0.01$. Edad: $F=0.31$, $gl=1$, 320, $p=0.58$. Interacción: $F=1.43$, $gl=5$, $p=0.21$. **ANOVA para hembras:** Mes, $F=1.98$, $gl=3$, 46 $p=0.12$. Edad: $F=5.69$, $gl=1$, 49, $p=0.022$. Interacción, $F=2.63$, $gl=4$, $p=0.049$

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

Tabla IV.- Correlación del Índice de grasa con el peso total por clase de *Calidris mauri* capturados.

CLASE	Individuos (n)	r- Spearman	t	$p=t_{0.05}(n-2)$	Significativa
Machos adultos	165	0.559	0.72	0.48	NO
Machos subadultos	156	0.334	4.40	0.00002	SI
Hembras adultas	14	0.656	0.68	0.011	SI
Hembras subadultos	36	0.115	3.01	0.50	NO
<i>Calidris mauri</i>	389	0.210	4.13	0.00005	SI

V.2. CONDICIÓN CORPORAL DE *Calidris mauri*

Peso total (Figura 5).- No se encontraron diferencias significativas en el peso total entre adultos y subadultos $F=0.08$, $gl=1$, 23 , $p=0.78$ de los individuos sacrificados. El ANOVA por mes para el total de aves no mostró diferencias significativas, $F=0.87$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$. Esto puede ser debido a que el número de la muestra es pequeño; ya que como se mencionó, los machos capturados presentaron diferencias significativas por mes de captura (Figura 4).

Otra posibilidad por la cual no se detectaron las diferencias en el peso total por mes de captura es debido a que se juntaron adultos y subadultos para buscar diferencias por mes, lo que aumentó la varianza de los datos.

Peso magro (PM) y grasa total (GT) (Figura 6).- Ni el peso magro ni la grasa total presentaron diferencias significativas por etapa de maduración, PM: $F=0.017$, $gl=1$, 23 , $p=0.9$, GT: $F=2.16$, $gl=1$, 23 , $p=0.16$; o por mes, PM: $F=0.695$, $gl=3$, 21 , $p=0.13$, GT: $F=2.1$, $gl=3$, 21 , $p=0.13$.

Peso de los órganos (Figura 7).- No se encontró diferencia en el peso magro, sin embargo al realizar el análisis del peso total de los órganos, se

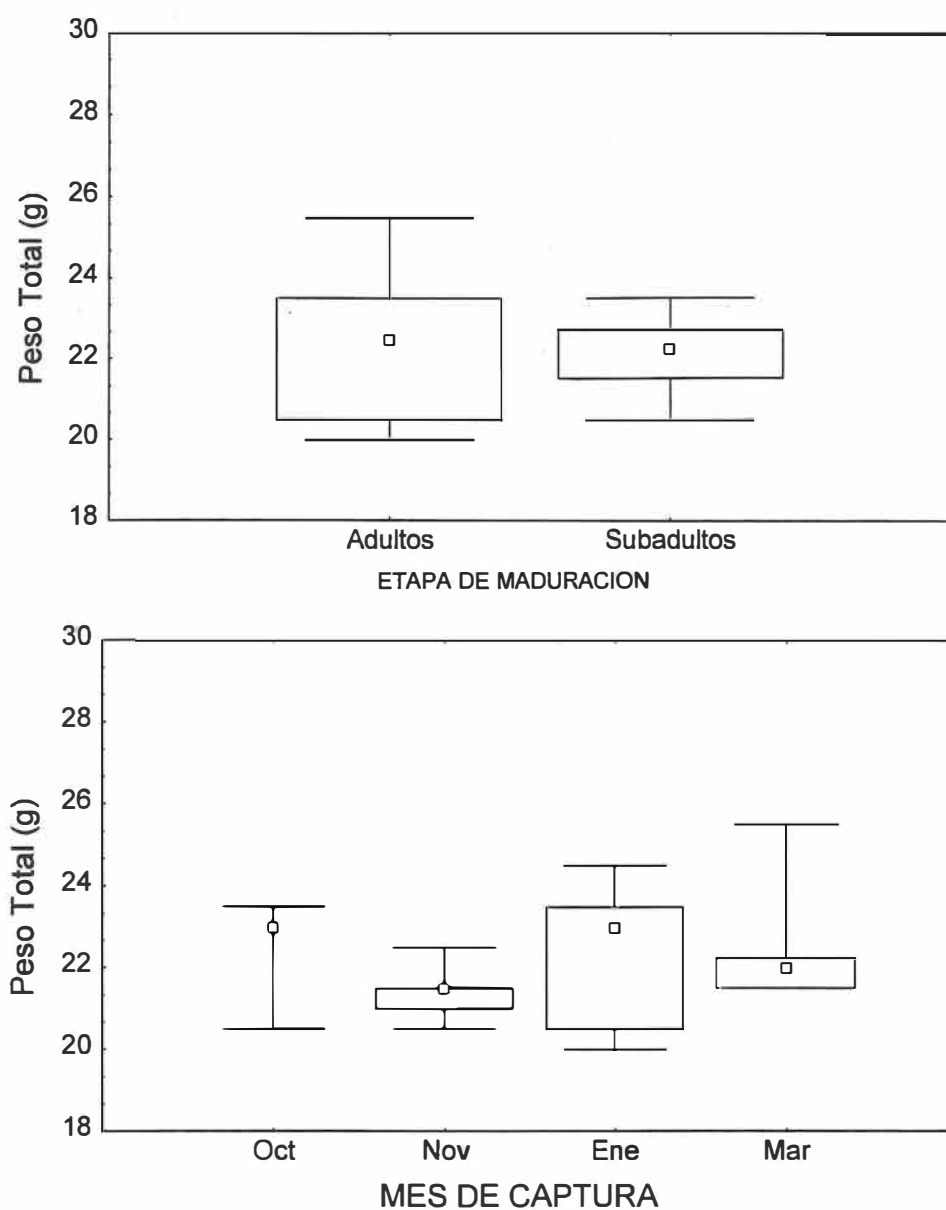


Figura 5.- Variación del peso total por edad y mes de los individuos sacrificados.
ANOVA: Edad: $F=0.08$, $gl=1$, 23 , $p=0.78$. Mes, $F=0.87$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

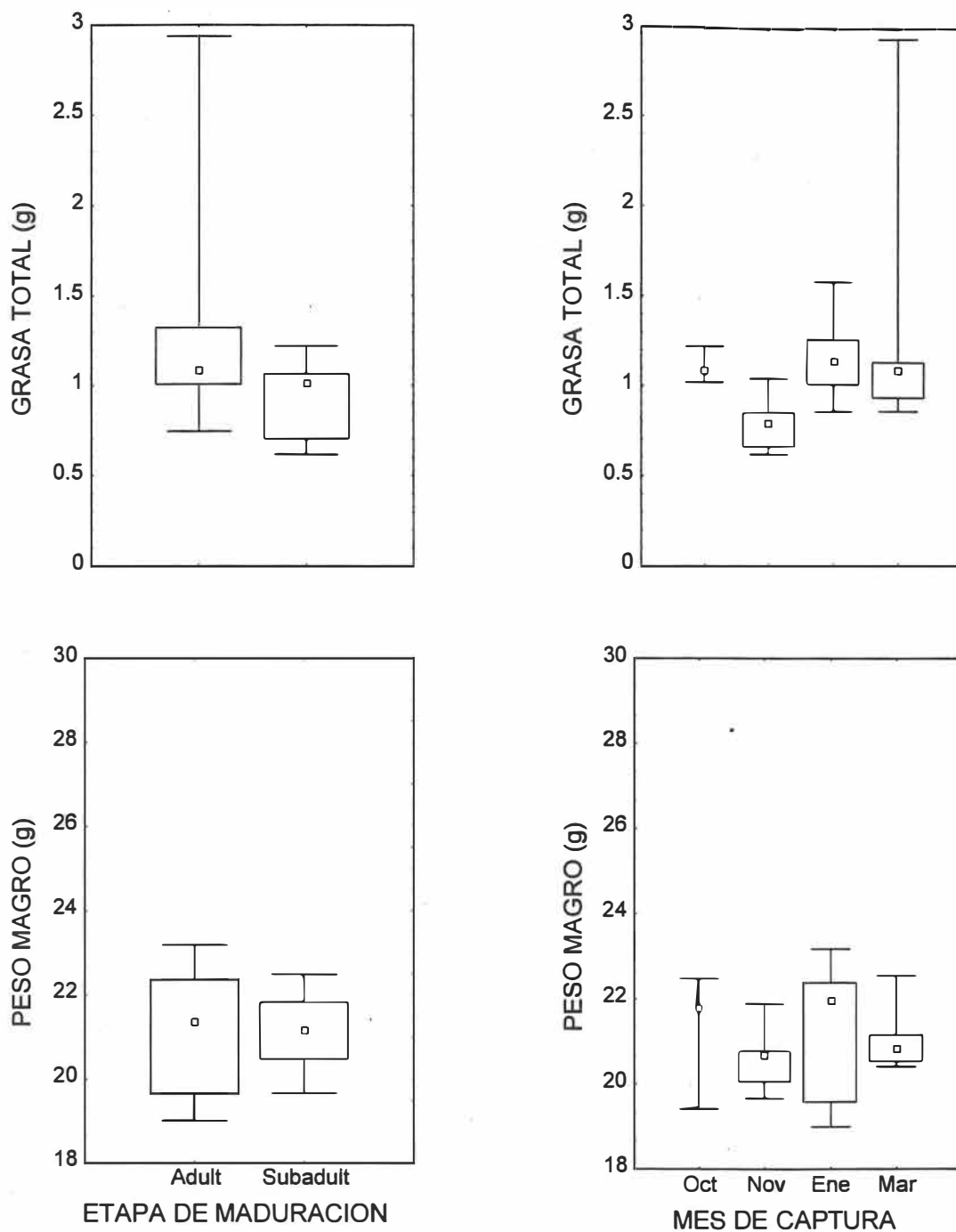


Figura 6.- Variación del peso magro y la grasa total por etapa de maduración y mes de captura de los individuos sacrificados. ANOVA: Peso magro: Edad: $F=0.017$, $gl=1$, 23 , $p=0.90$. Mes, $F=0.53$, $gl=3$, 21 , $p=0.67$. Grasa total: Edad: $F=2.59$, $gl=1$, 23 , $p=0.12$. Mes, $F=2.1$, $gl=3$, 21 , $p=0.13$. 25%-75%. Media. $\perp$ Máximo-Mínimo.

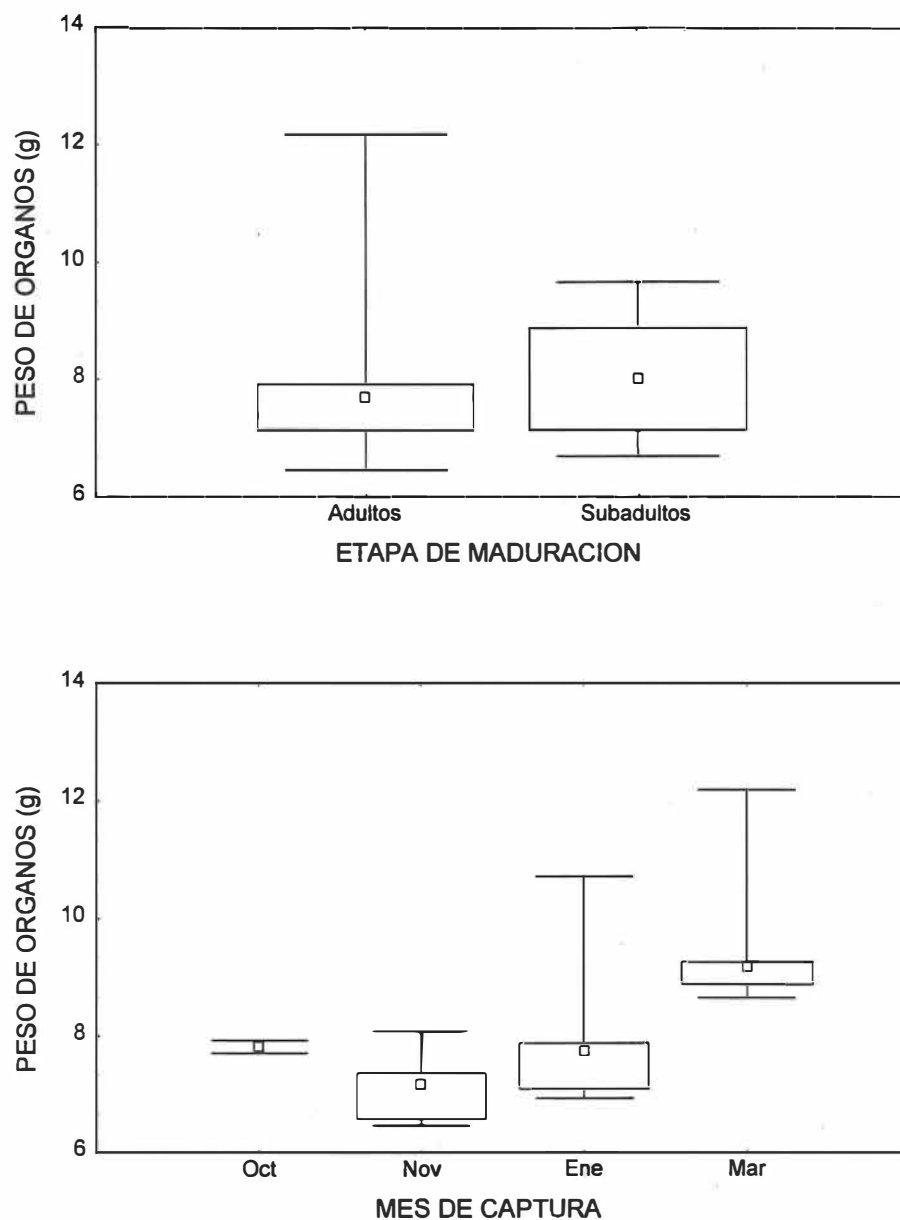


Figura 7.- Variación del peso de los órganos por edad y mes de los individuos sacrificados. ANOVA: Edad: $F=0.01$, $gl=1$, 23 , $p=0.9$. **Mes**, $F=5.4$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$. 25%-75%. Media. Máximo-Mínimo.

encontró que presentaron cambios a lo largo de la temporada $F=5.4$, $gl=3$, 21 , $p=0.006$. No se encontraron diferencias por etapa de maduración $F=0.01$, $gl=1$, 23 , $p=0.9$; por lo tanto, adultos y subadultos presentaron el mismo patrón general durante su estancia invernal.

Índice de grasa: Se correlacionó al índice cualitativo de grasa pectoral (IG) con el peso total, la grasa total, la grasa del músculo y la grasa de la piel por etapa de maduración por medio una prueba de rangos de Spearman (Tabla V). La correlación fue pobre y no significativa para todas las variables para ambas clases.

Tabla V.- Correlaciones del índice de grasa con el peso total (PT), la grasa total (GT), la grasa del músculo (MG) y la grasa de la piel (PG) de *C. mauri* sacrificados.

<i>Etapa de maduración</i>	<i>r-Spearman</i>	<i>t</i>	<i>p=t_{0.05}(n-2)</i>	<i>Significativa</i>
Adultos (n=15)	PT=0.28	1.04	0.32	NO
	MG=0.16	0.6	0.56	NO
	GT=0.07	0.25	0.81	NO
	PG=-0.47	-1.92	0.08	NO
	CG=0.16	0.58	0.57	NO
Subadultos (n=10)	PT=0.0001	0.0001	≈1	NO
	GT=0.22	0.63	0.54	NO
	MG=-0.55	-1.86	0.1	NO
	CG=-0.47	-1.48	0.18	NO
	PG=0.013	0.35	0.97.	NO

Por un ANOVA de una vía por mes de captura se encontró que el índice de grasa aumentó conforme avanza el invierno (Figura 8), $F=12.15$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$.

Músculo esquelético.- No se encontraron diferencias significativas entre adultos y subadultos en el peso húmedo del músculo $F=0.04$, $gl=1$, 23 , $p=0.85$. No hay diferencias entre adultos y subadultos en la composición del músculo (Figura 9), humedad total: $F=0.63$, $gl=1$, 23 , $p=0.44$; proteína total: $F=0.0008$, $gl=1$, 23 , $p=0.98$ y grasa total: $F=1.4$, $gl=1$, 23 , $p=0.24$. La proporción de nutrimentos por gramo de músculo tampoco presentó diferencias por etapa de maduración (Figura 10), porcentaje de humedad: $F=1.8$, $gl=1$, 23 , $p=0.19$; porcentaje de proteína: $F=0.54$, $gl=1$, 23 , $p=0.47$; porcentaje de grasa: $F=2.41$, $gl=1$, 23 , $p=0.14$.

El análisis por mes mostró un incremento gradual significativo en el peso del músculo (Figura 11), conforme avanzó la temporada, $F=6.6$, $gl=3$, 21 , $p=0.003$.

Este incremento se debió principalmente a un incremento gradual en la proteína total, $F=10.87$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$; y en la humedad total $F=8.8$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$; mientras que el contenido de grasa se mantuvo constante a lo largo de la temporada $F=0.75$, $gl=3$, 21 , $p=0.54$. Sin embargo no hay diferencias significativas en las proporciones de humedad (Figura 12), $F=0.19$, $gl=3$, 21 , $p=0.15$; proteína, $F=2.75$, $gl=3$, 21 , $p=0.068$; y grasa $F=0.92$, $gl=3$, 21 , $p=0.45$.

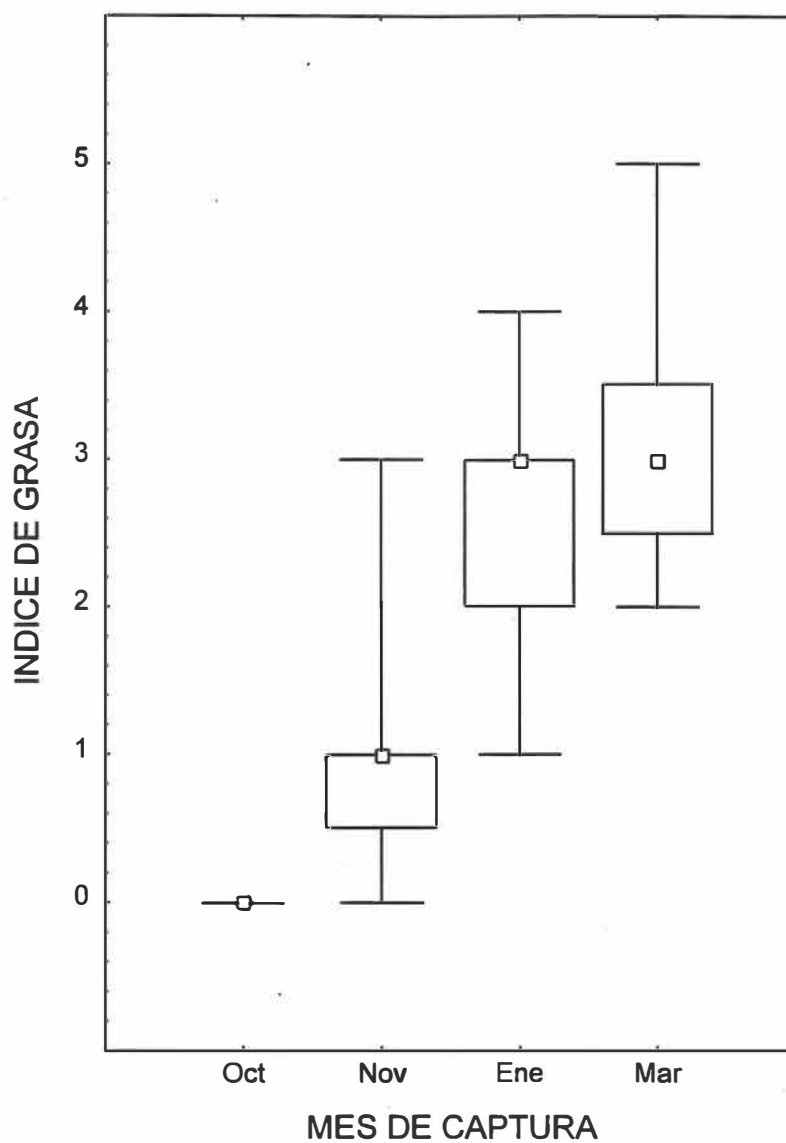


Figura 8.- Índice de grasa pectoral de los individuos sacrificados por mes.
ANOVA: $F=12.15$, $gl=3, 21$, $p<<0.01$.

□ 25%-75%. □ Media. ┤ Máximo-Mínimo.

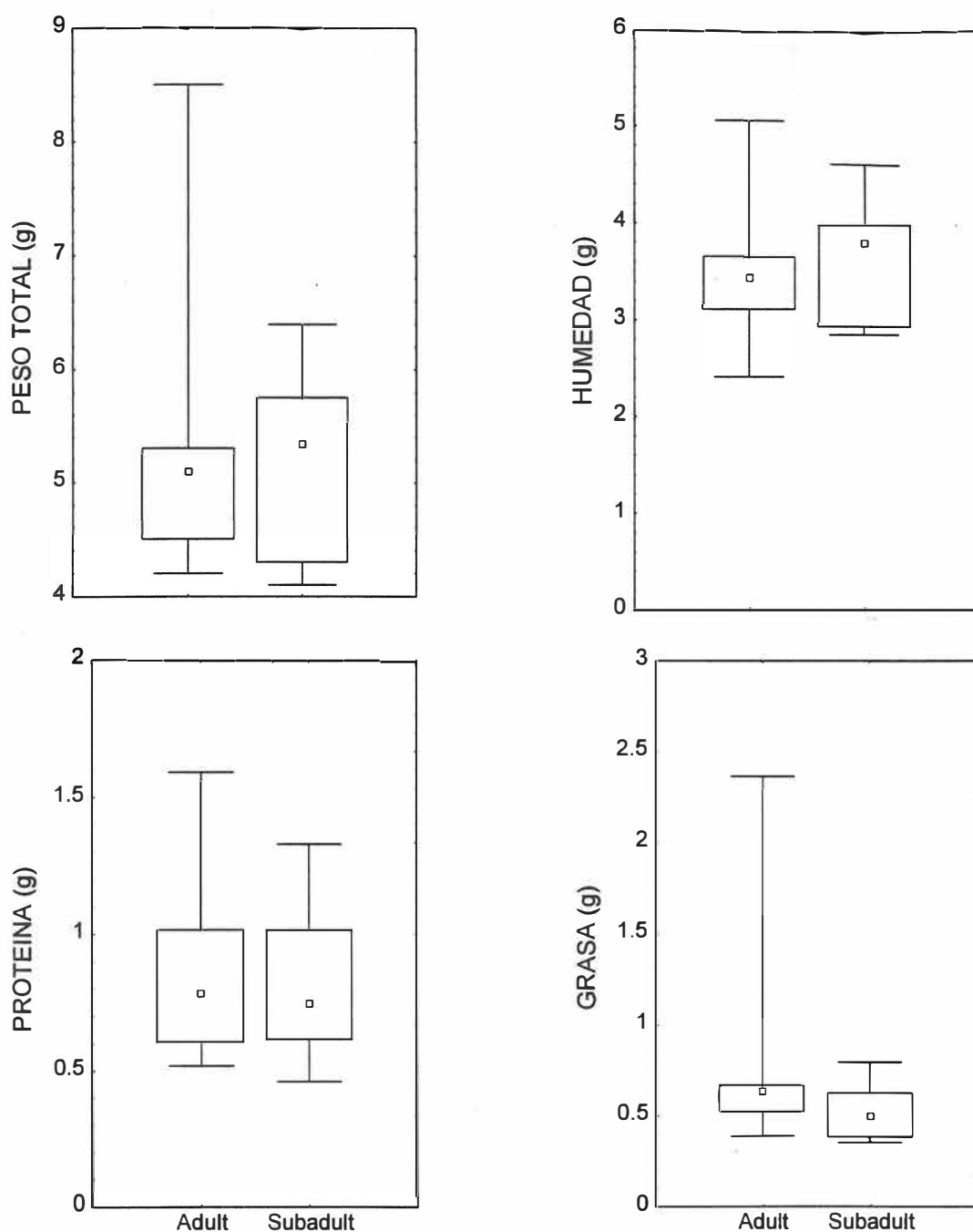


Figura 9.- Variación del peso del músculo y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración. ANOVA: Peso húmedo del músculo, $F=0.04$, $gl=1$, 23, $p=0.85$. Humedad, $F=0.63$, $gl=1$, 23, $p=0.44$. Proteínas, $F=0.0008$, $gl=1$, 23, $p=0.98$. Grasa, $F=1.4$, $gl=1$, 23, $p=0.24$.

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

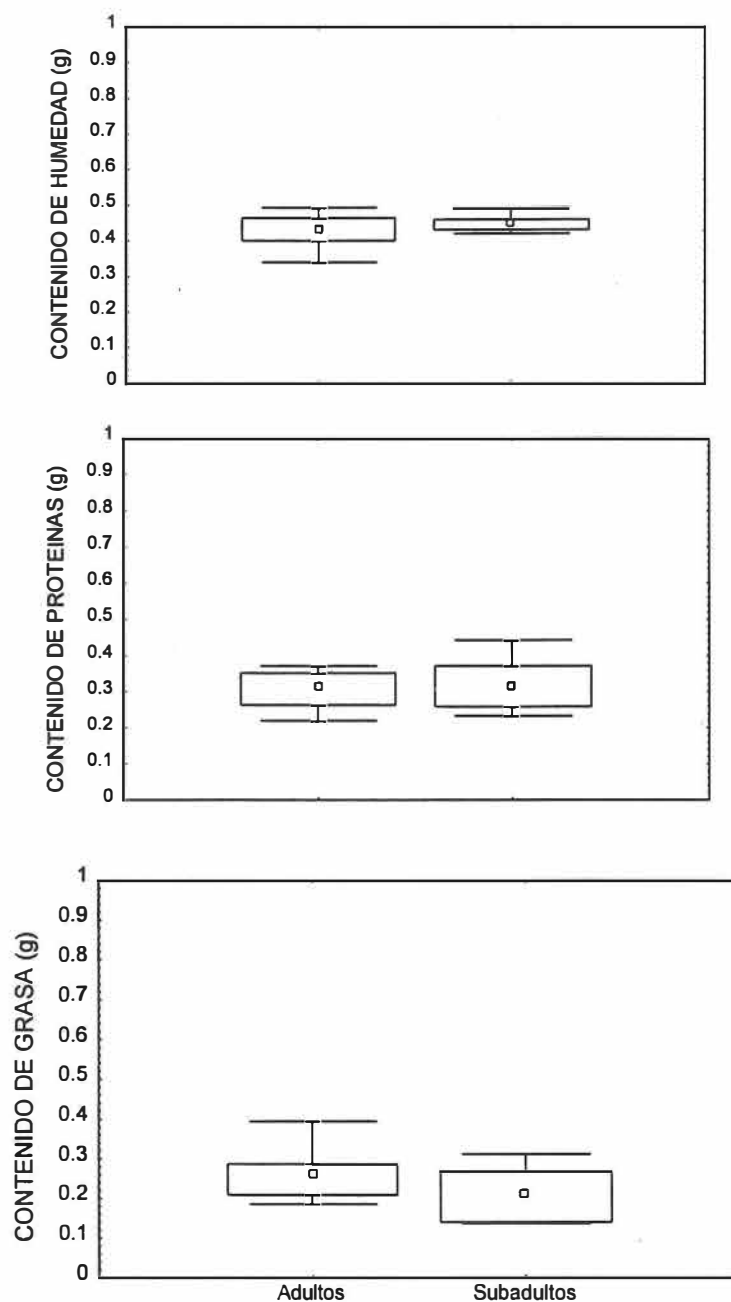


Figura 10.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de músculo de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=0.63$, $gl=1$, 23 , $p=0.44$. Proteínas, $F=0.0008$, $gl=1$, 23 , $p=0.98$. Grasa, $F=1.4$, $gl=1$, 23 , $p=0.24$.

$\square$ 25%-75%. $\square$ Media. I Máximo-Mínimo.

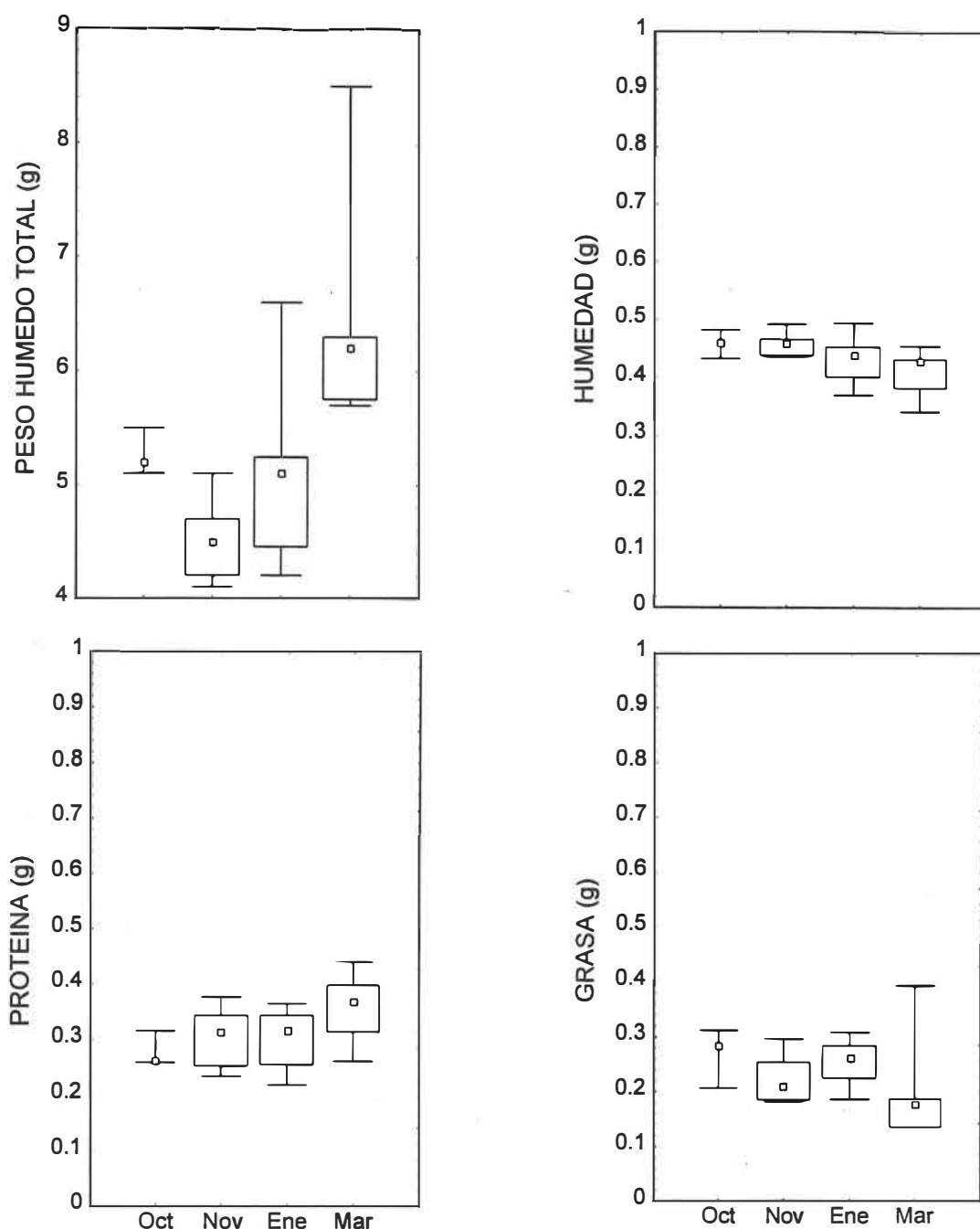


Figura 11.- Variación mensual del peso del músculo y su composición de los individuos sacrificados. ANOVA: **Peso húmedo del músculo**, $F=6.6$, $gl=3$, 21 , $p=0.003$. **Humedad**, $F=8.8$, $gl=3$, 21 , $p=0.0006$. **Proteínas**, $F=10.87$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$. **Grasa**, $F=0.75$, $gl=3$, 21 , $p=0.54$.

□ 25%-75%. ◻ Media. ┌─┐ Máximo-Mínimo.

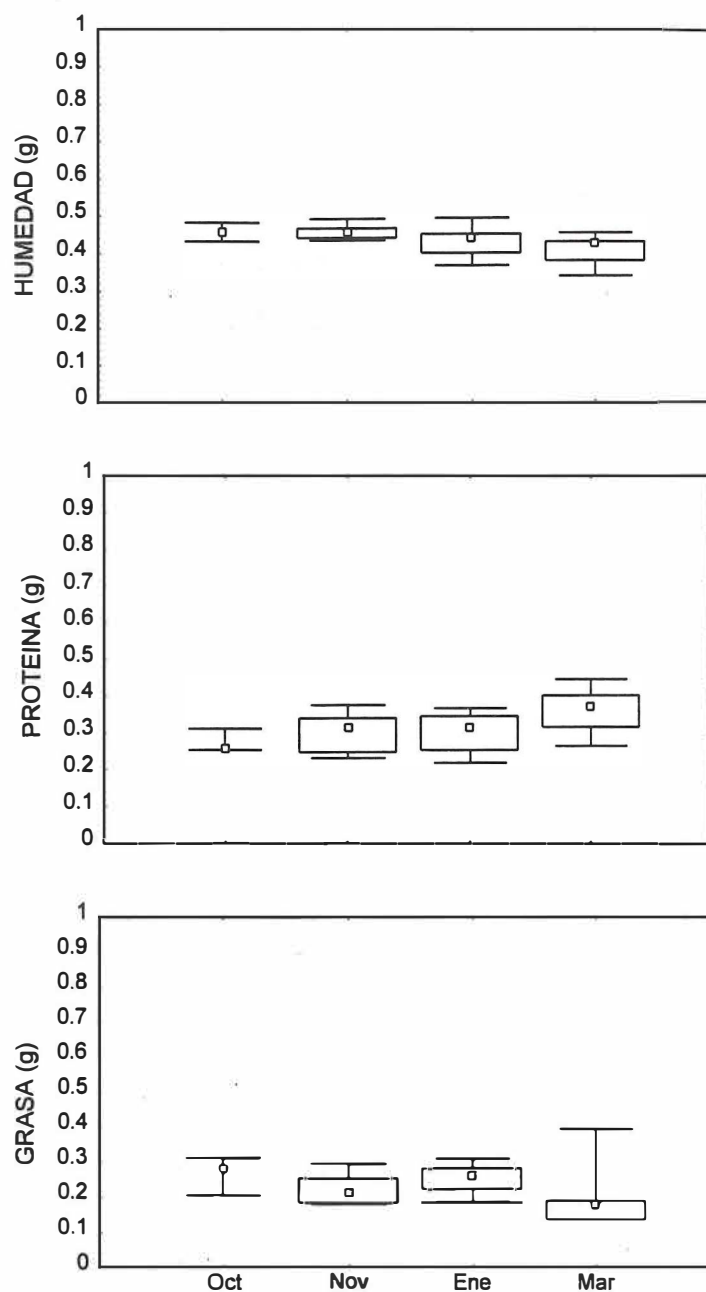


Figura 12.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de músculo de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=1.9$, $gl=3$, 21 , $p=0.15$. Proteínas, $F=2.75$, $gl=3$, 21 , $p=0.068$. Grasa, $F=0.92$, $gl=3$, 21 , $p=0.45$. $\square$ 25%-75%. $\blacksquare$ Media. I Máximo-Mínimo.

Aunque el aumento de grasa no es significativo se ve reflejado en las proporciones, ya que estas no variaron significativamente.

Corazón.- No hubo diferencias significativas en el peso húmedo del corazón por etapa de maduración (Figura 13), $F=1.4$, $gl=1$, 23 , $p=0.21$. La composición del corazón de adultos y subadultos no presentó diferencias significativas en el contenido de humedad $F=3.0$, $gl=1$, 23 , $p=0.1$; y grasa $F=1.9$, $gl=1$, 23 , $p=0.19$; pero los adultos tuvieron un contenido mayor de proteína $F=9.39$, $gl=1$, 23 , $p<<0.01$. Las proporciones (Figura 14) de humedad $F=2.84$, $gl=1$, 23 , $p=0.11$; y proteína, $F=5.55$, $gl=1$, 23 , $p=0.27$; no presentaron diferencias significativas por etapa de maduración. Los subadultos presentaron mayor proporción de grasa en el corazón que los adultos, $F=7.11$, $gl=1$, 23 , $p=0.014$; y los adultos mayor proporción de masa magra que los subadultos, $F=7.11$, $gl=1$, 23 , $p=0.014$; reflejo del mayor contenido de proteína total del corazón de los adultos.

El corazón presentó un aumento no significativo en el peso a lo largo de la temporada (Figura 15) $F=0.64$, $gl=3$, 21 , $p=0.6$. Los cambios del corazón a través de la temporada mostraron un aumento en la proteína total $F=14.6$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$; mientras que no hubo cambio en el contenido total de humedad; $F=1.2$, $gl=3$, 21 , $p=0.33$; y de grasa total; $F=1.1$, $gl=3$, 21 , $p=0.37$. La proporción (Figura 16) de humedad del corazón no cambio durante la temporada, $F=0.597$, $gl=3$, 21 , $p=0.67$; mientras que la proporción de proteína $F=8.38$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$; y de

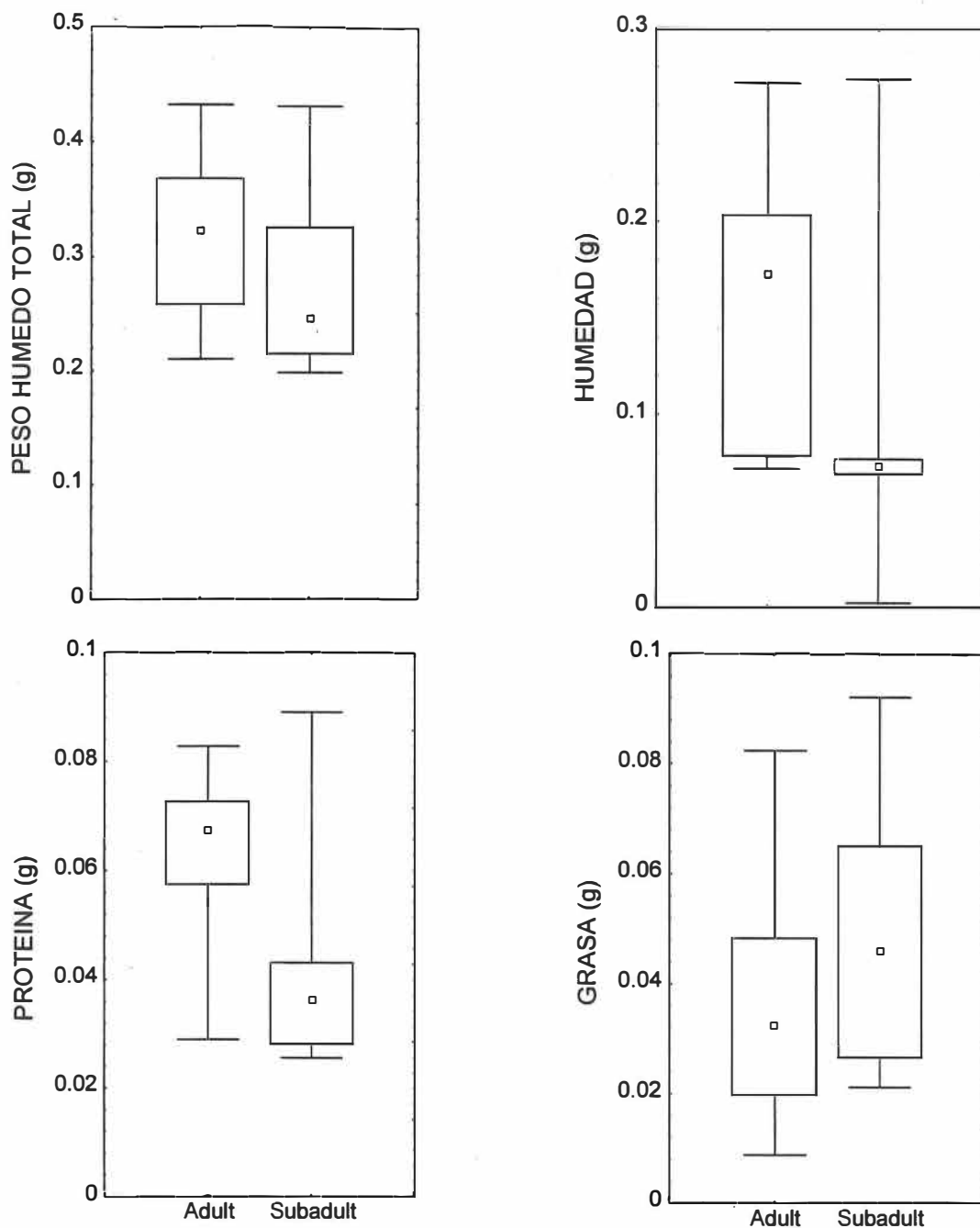


Figura 13.- Variación del peso del corazón y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración. ANOVA: Peso húmedo del corazón, $F=1.4$, $gl=1$, 23, $p=0.21$. Humedad, $F=3.0$, $gl=1$, 23, $p=0.097$. **Proteínas**, $F=9.39$, $gl=1$, 23, $p=0.0055$. Grasa, $F=1.9$, $gl=1$, 23, $p=0.19$.

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

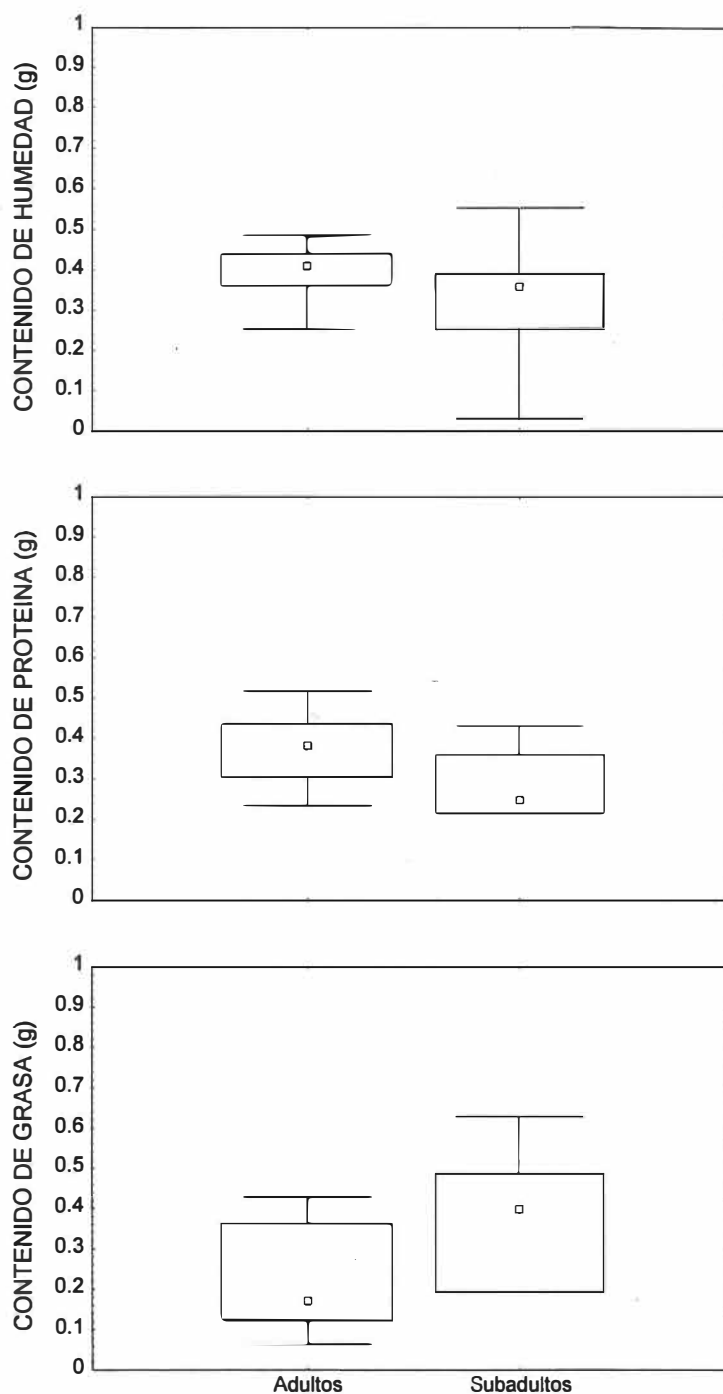


Figura 14.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de corazón de los individuos capturados. ANOVA: Humedad, $F=2.84$, $gl=1$, 23 , $p=0.11$. Proteínas, $F=5.55$, $gl=1$, 23 , $p=0.027$. Grasa, $F=7.11$, $gl=1$, 23 , $p=0.014$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

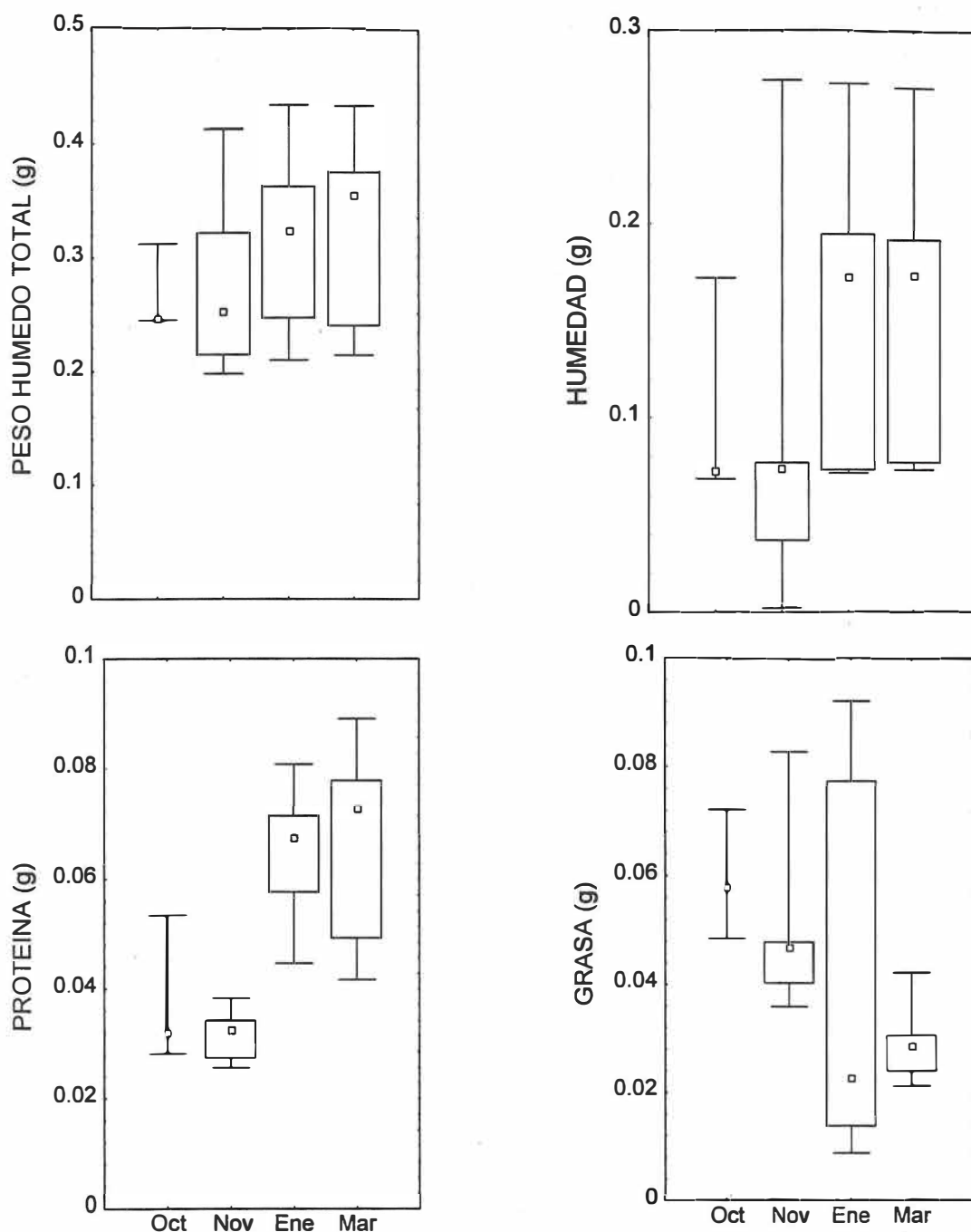


Figura 15.- Variación mensual del peso del corazón y su composición de los individuos sacrificados. ANOVA: Peso húmedo del corazón, $F=0.64$, $gl=3$, 21 , $p=0.6$. Humedad, $F=1.2$, $gl=3$, 21 , $p=0.33$. **Proteínas**, $F=14.6$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$. Grasa, $F=1.1$, $gl=3$, 21 , $p=0.37$.

□ 25%-75%. □ Media. ┘ Máximo-Mínimo.

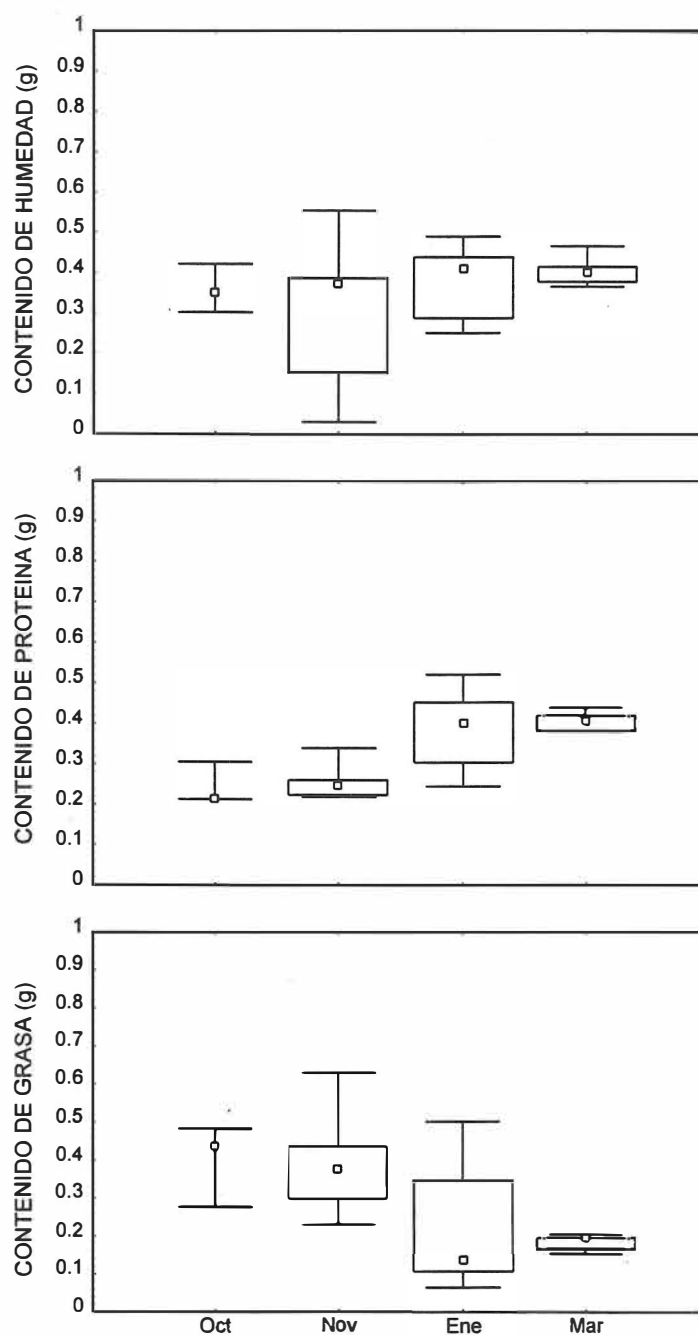


Figura 16.- Diferencia mensual en humedad, proteína y grasa por gramo de corazón de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=0.597$, $gl=3$, 21 , $p=0.62$. Proteínas, $F=8.38$, $gl=3$, 21 , $p<<0.01$. Grasa, $F=4.5$, $gl=3$, 21 , $p=0.14$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

masa magra, $F=4.5$, $gl=3$, 21 , $p=0.014$ aumentaron con el paso de la temporada. La proporción de grasa disminuyó significativamente, $F=4.5$, $gl=3$, 21 , $p=0.014$.

Hígado.- El hígado no presentó diferencias significativas de peso entre adultos y subadultos, $F=0.37$, $gl=1$, 23 , $p=0.55$. La composición del hígado no presentó diferencias significativas entre adultos y subadultos (Figura 17), humedad total: $F=0.041$, $gl=1$, 23 , $p=0.84$; proteína total: $F=0.05$, $gl=1$, 23 , $p=0.82$; y grasa total: $F=0.62$, $gl=1$, 23 , $p=0.44$. Las proporciones de humedad, proteína y grasa (Figura 18) tampoco variaron por etapa de maduración, porcentaje de humedad: $F=3.23$, $gl=1$, 23 , $p=0.086$; porcentaje de proteína: $F=0.084$, $gl=1$, 23 , $p=0.77$; porcentaje de grasa: $F=2.13$, $gl=1$, 23 , $p=0.16$.

Durante el invierno las aves mantuvieron constante el peso del hígado $F=0.86$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$ (Figura 19). En el transcurso de la temporada el contenido de humedad, $F=0.34$, $gl=3$, 21 , $p=0.79$; y grasa, $F=0.86$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$; no vario y el contenido de proteína aumentó significativamente, $F=4.8$, $gl=3$, 21 , $p=0.011$. La proporción de humedad (Figura 20), $F=3.38$, $gl=3$, 21 , $p=0.038$; y grasa $F=3.01$, $gl=3$, 21 , $p=0.053$; presentaron diferencias significativas en la temporada sin mostrar un patrón claro. La proporción de proteínas se mantuvo sin cambio durante el invierno $F=2.3$, $gl=3$, 21 , $p=0.11$.

Riñón.- No se encontraron diferencias significativas en el peso del riñón entre adultos y subadultos, (Figura 21) $F=0.39$, $gl=1$, 23 , $p=0.54$. Los adultos presentaron un mayor contenido de grasa total en riñón, $F=4.4$, $gl=1$, 23 , $p=0.046$.

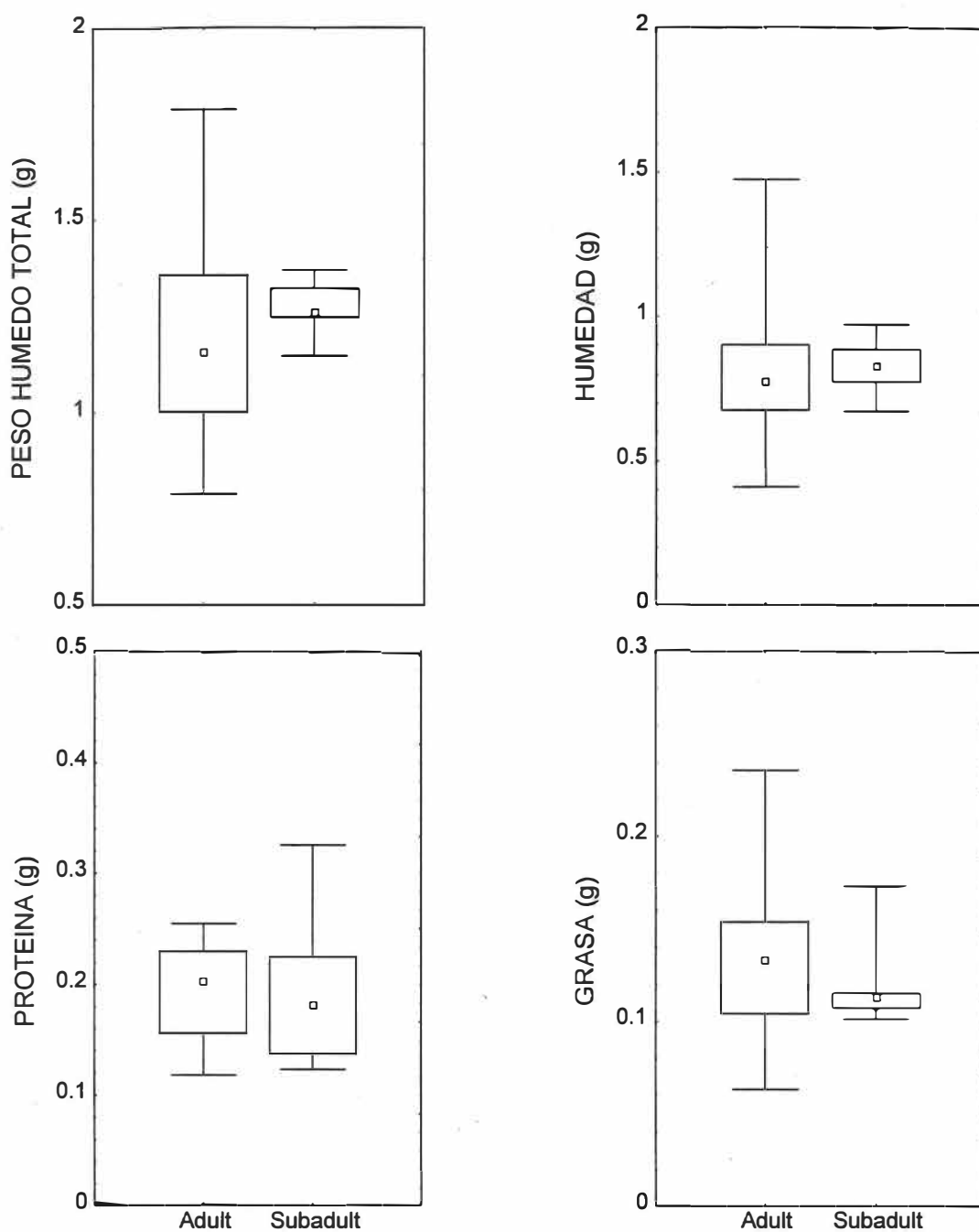


Figura 17.- Variación del peso del hígado y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración. ANOVA: Peso húmedo del hígado, $F=0.37$, $gl=1$, 23 , $p=0.55$. Humedad, $F=0.04$, $gl=1$, 23 , $p=0.84$. Proteínas, $F=0.05$, $gl=1$, 23 , $p=0.82$. Grasa, $F=0.62$, $gl=1$, 23 , $p=0.44$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

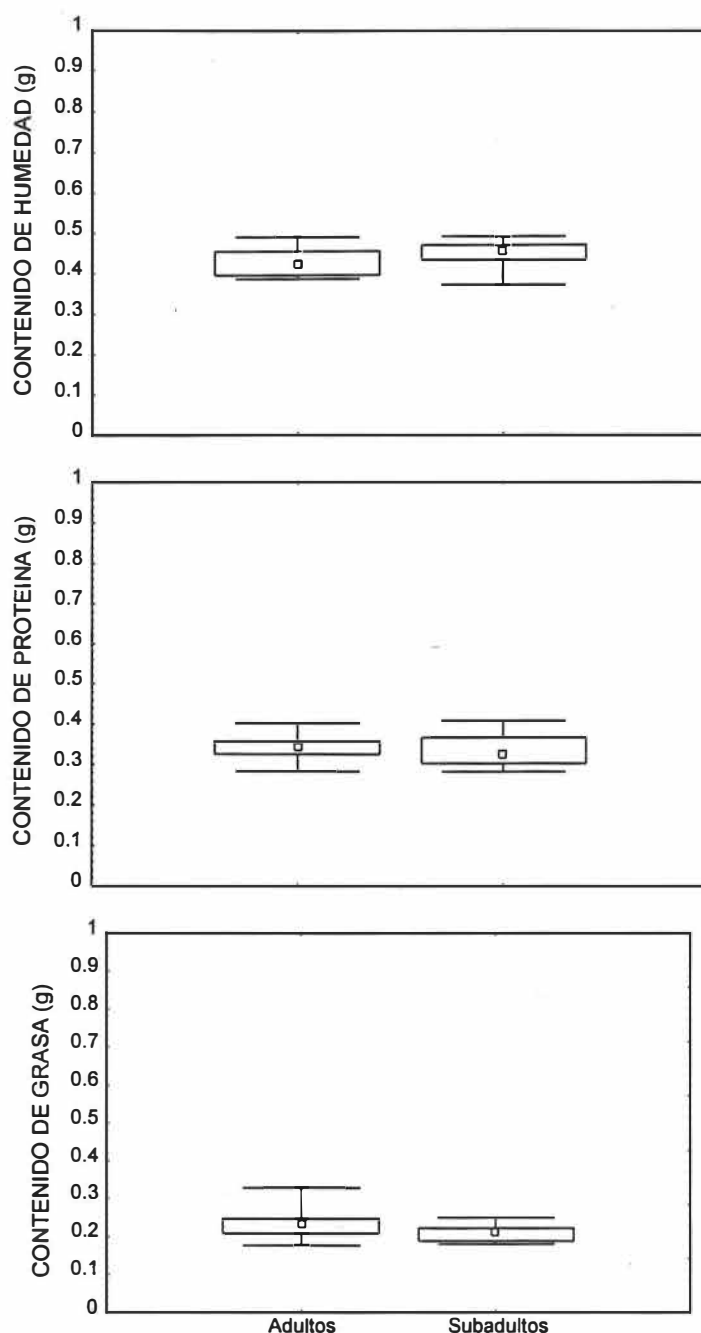


Figura 18.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de hígado de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=3.23$, $gl=1$, 23 , $p=0.086$. Proteínas, $F=0.084$, $gl=1$, 23 , $p=0.77$. Grasa, $F=2.13$, $gl=1$, 23 , $p=0.16$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

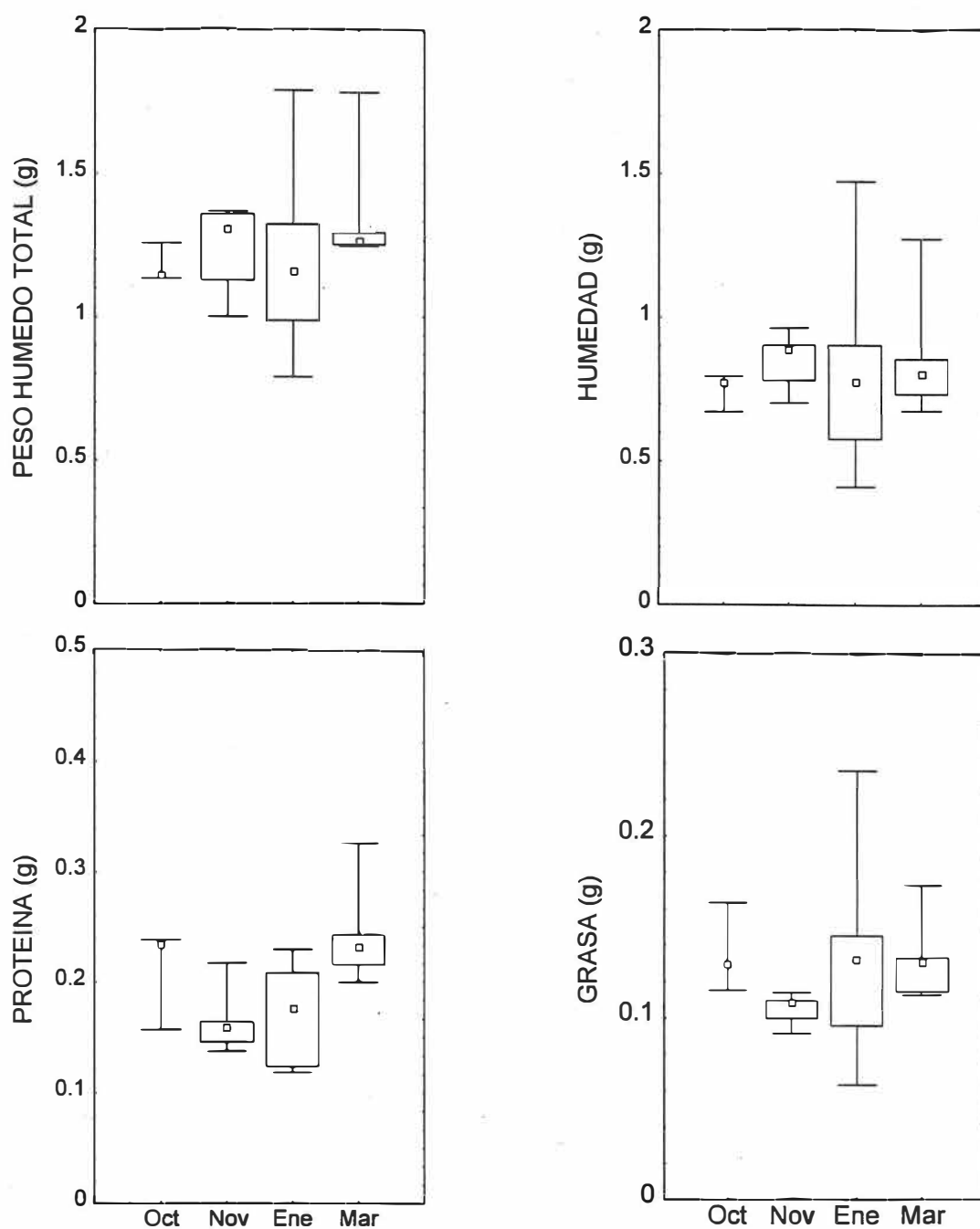


Figura 19.- Variación mensual del peso del hígado y su composición de los individuos sacrificados. ANOVA: Peso húmedo del hígado, $F=0.86$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$. Humedad, $F=0.34$, $gl=3$, 21 , $p=0.79$. Proteínas, $F=4.8$, $gl=3$, 21 , $p=0.011$. Grasa, $F=0.86$, $gl=3$, 21 , $p=0.48$.

□ 25%-75%. □ Media. I Máximo-Mínimo.

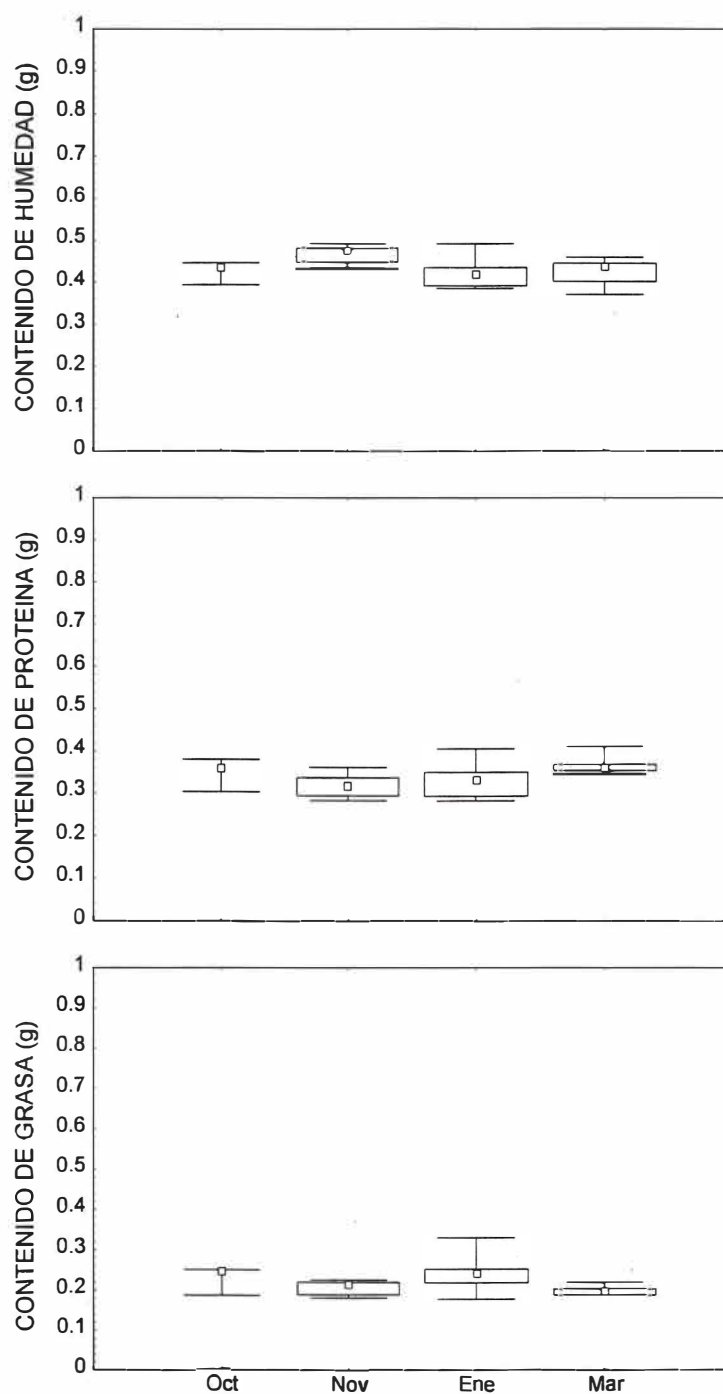


Figura 20.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de hígado de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=3.38$, $gl=3$, 21 , $p=0.038$. Proteínas, $F=2.3$, $gl=3$, 21 , $p=0.11$. Grasa, $F=3.01$, $gl=3$, 21 , $p=0.053$. □ 25%-75%. ■ Media. ± Máximo-Mínimo.

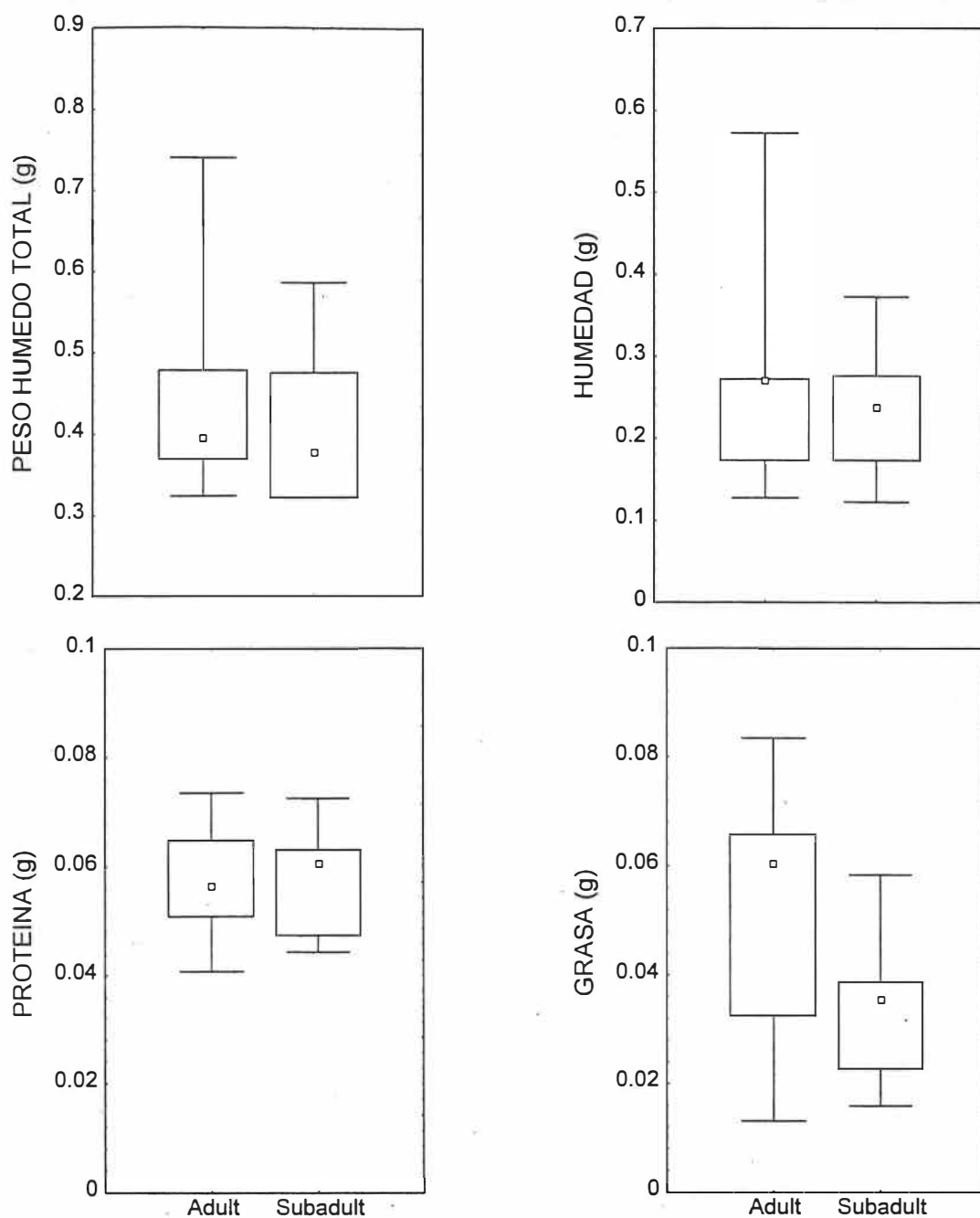


Figura 21.- Variación del peso del riñón y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración. ANOVA: Peso húmedo del riñón, $F=0.39$, $gl=1$, 23, $p=0.54$. Humedad, $F=0.17$, $gl=1$, 23, $p=0.08$. Proteínas, $F=0.095$, $gl=1$, 23, $p=0.76$. Grasa, $F=4.4$, $gl=1$, 23, $p=0.046$.

□ 25%-75%. ■ Media. T Máximo-Mínimo.

Adultos y subadultos no presentaron diferencias significativas en la proporción de humedad, $F=0.85$, $gl=1$, 23, $p=0.35$; proteína $F=2.55$, $gl=1$, 23, $p=0.12$; y grasa $F=2.33$, $gl=1$, 23, $p=0.14$ del riñón (Figura 22).

Durante el invierno *Calidris mauri* mantuvo constante el peso del riñón (Figura 23), $F=0.84$, $gl=3$, 21, $p=0.47$ y el contenido de humedad, $F=1.05$, $gl=3$, 21, $p=0.39$; hubo una disminución en el contenido de proteína que no fue significativa, $F=2.7$, $gl=3$, 21, $p=0.071$; y un aumento significativo en la grasa del riñón, $F=8.5$, $gl=3$, 21, $p<0.01$.

La proporción de proteína del riñón disminuyó significativamente (Figura 24), $F=6.73$, $gl=3$, 21, $p=0.002$; mientras que hubo un incremento significativo de la proporción de grasa, $F=8.31$, $gl=3$, 21, $p<<0.01$; la proporción de humedad disminuyó aunque no de manera significativa, $F=2.71$, $gl=3$, 21, $p=0.07$.

Piel.- Ni el peso de la piel (Figura 25), ni su composición presentaron diferencias significativas por etapa de maduración; peso total: $F=0.005$, $gl=3$, 21, $p=0.94$; humedad total: $F=1.0$, $gl=1$, 23, $p=0.35$; proteína total: $F=0.009$, $gl=1$, 23, $p=0.93$ y grasa total: $F=0.08$, $gl=1$, 23, $p=0.78$. Las proporciones de humedad, proteína y grasa (Figura 26) no presentaron diferencias significativas por etapa de maduración; porcentaje de humedad: $F=0.33$, $gl=1$, 23, $p=0.57$; porcentaje de proteína: $F=0.66$, $gl=1$, 23, $p=0.42$; porcentaje de grasa: $F=0.78$, $gl=1$, 23, $p=0.39$. El peso de la piel mostró un incremento significativo conforme avanzó la temporada (Figura 27), $F=3.96$, $gl=3$, 21, $p=0.02$. Esto se reflejó de forma

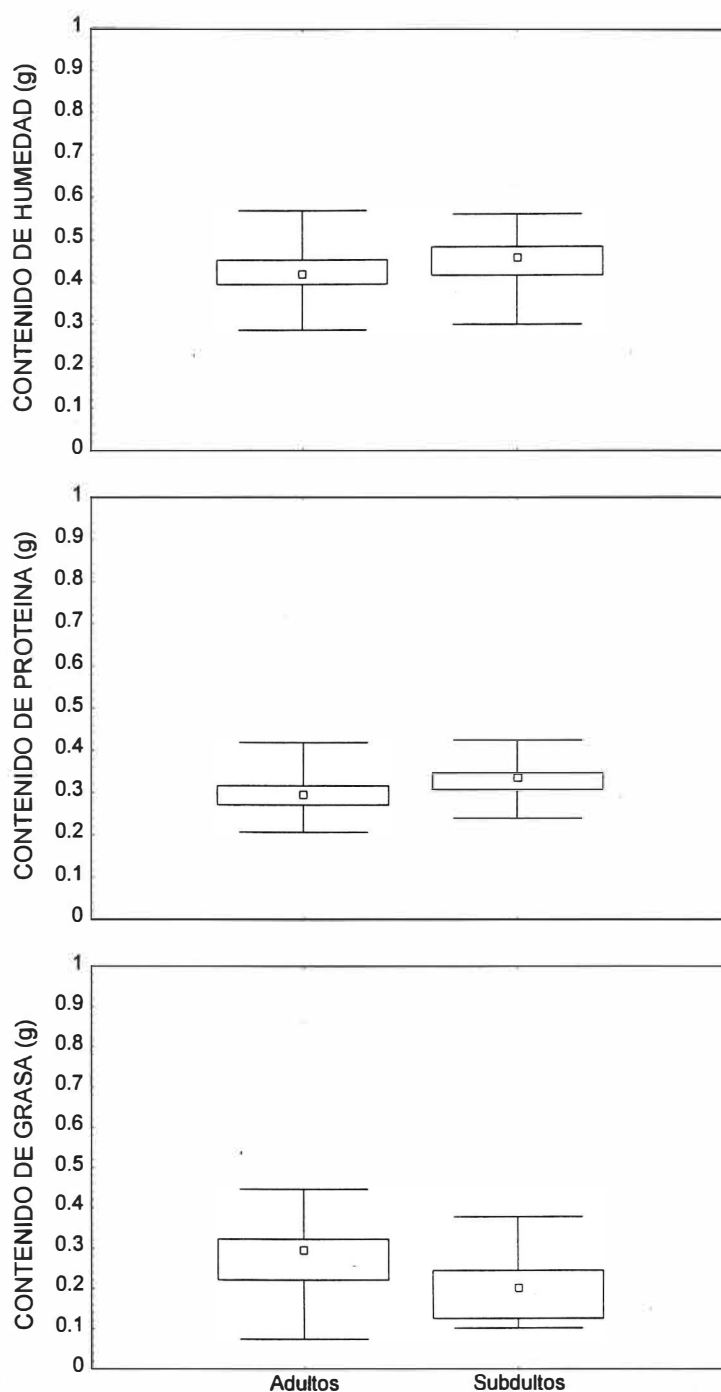


Figura 22.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de riñón de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=0.85$, $gl=1$, 23 , $p=0.35$. Proteínas, $F=2.55$, $gl=1$, 23 , $p=0.12$. Grasa, $F=2.33$, $gl=1$, 23 , $p=0.14$.

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

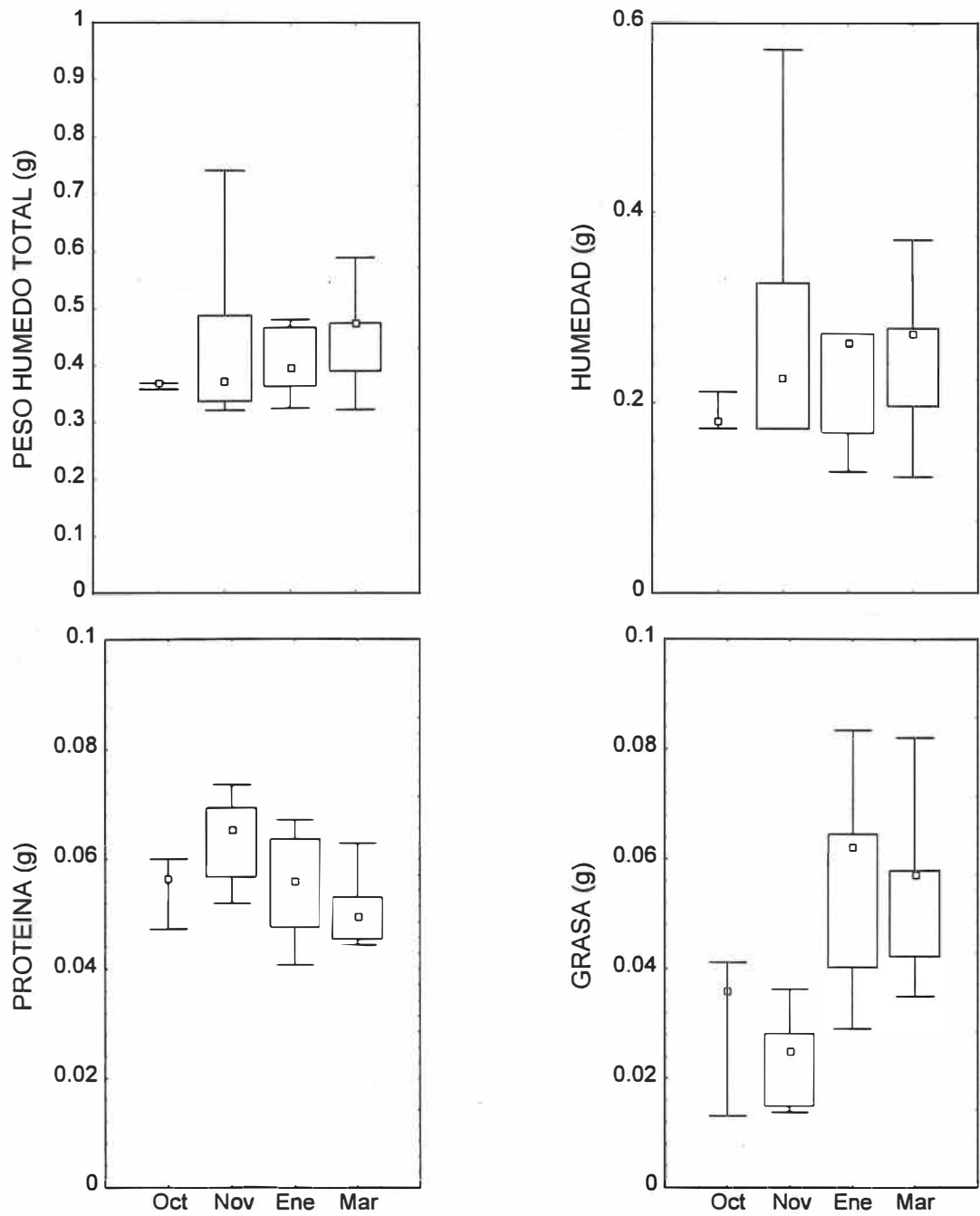


Figura 23.- Variación mensual del peso del riñón y su composición de los individuos sacrificados. ANOVA: Peso húmedo del riñón, $F=0.84$, $gl=3$, 21 , $p=0.47$. Humedad, $F=1.05$, $gl=3$, 21 , $p=0.39$. Proteínas, $F=2.7$, $gl=3$, 21 , $p=0.071$. Grasa, $F=8.5$, $gl=3$, 21 , $p<0.01$.

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

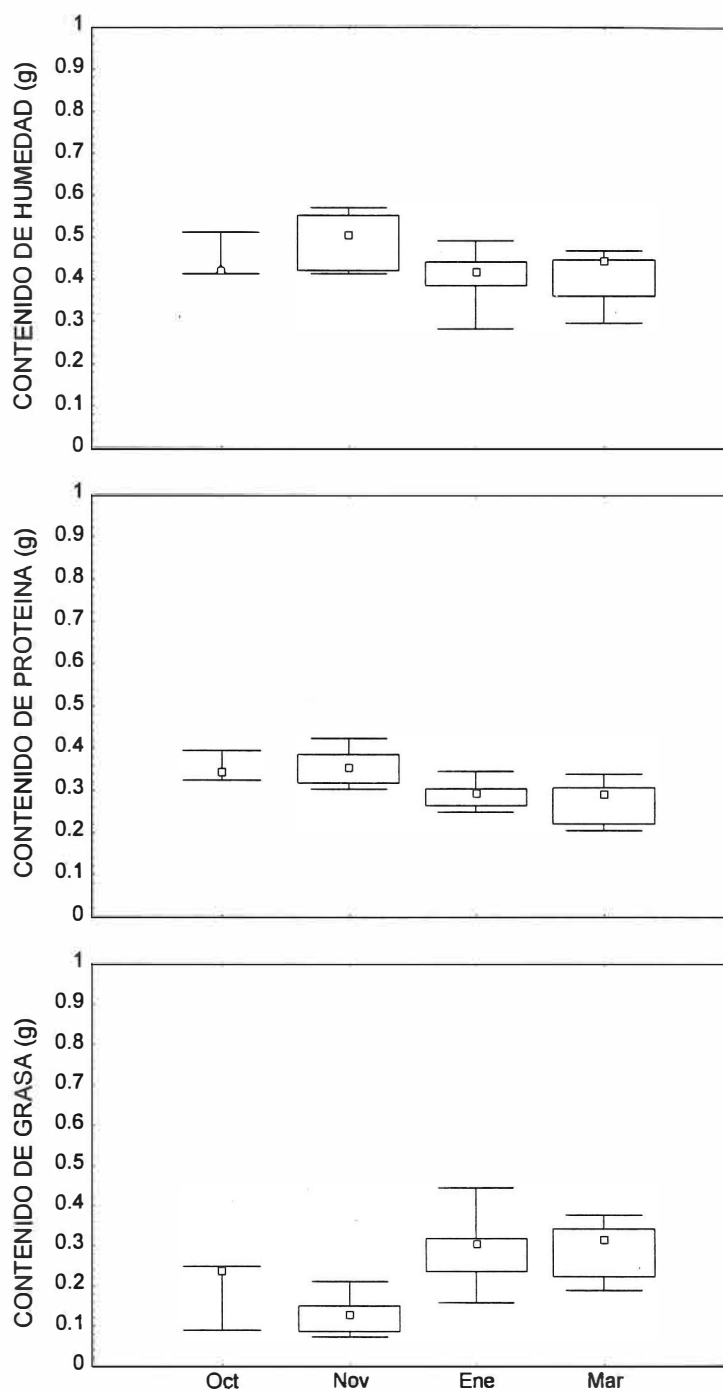


Figura 24.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de riñón de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=2.71$, $gl=3, 21, 21$, $p=0.7$. Proteínas, $F=6.73$, $gl=3, 21$, $p=0.002$. Grasa, $F=8.31$, $gl=3, 21$, $p<0.01$. 25%-75%. Media. ┴ Máximo-Mínimo.

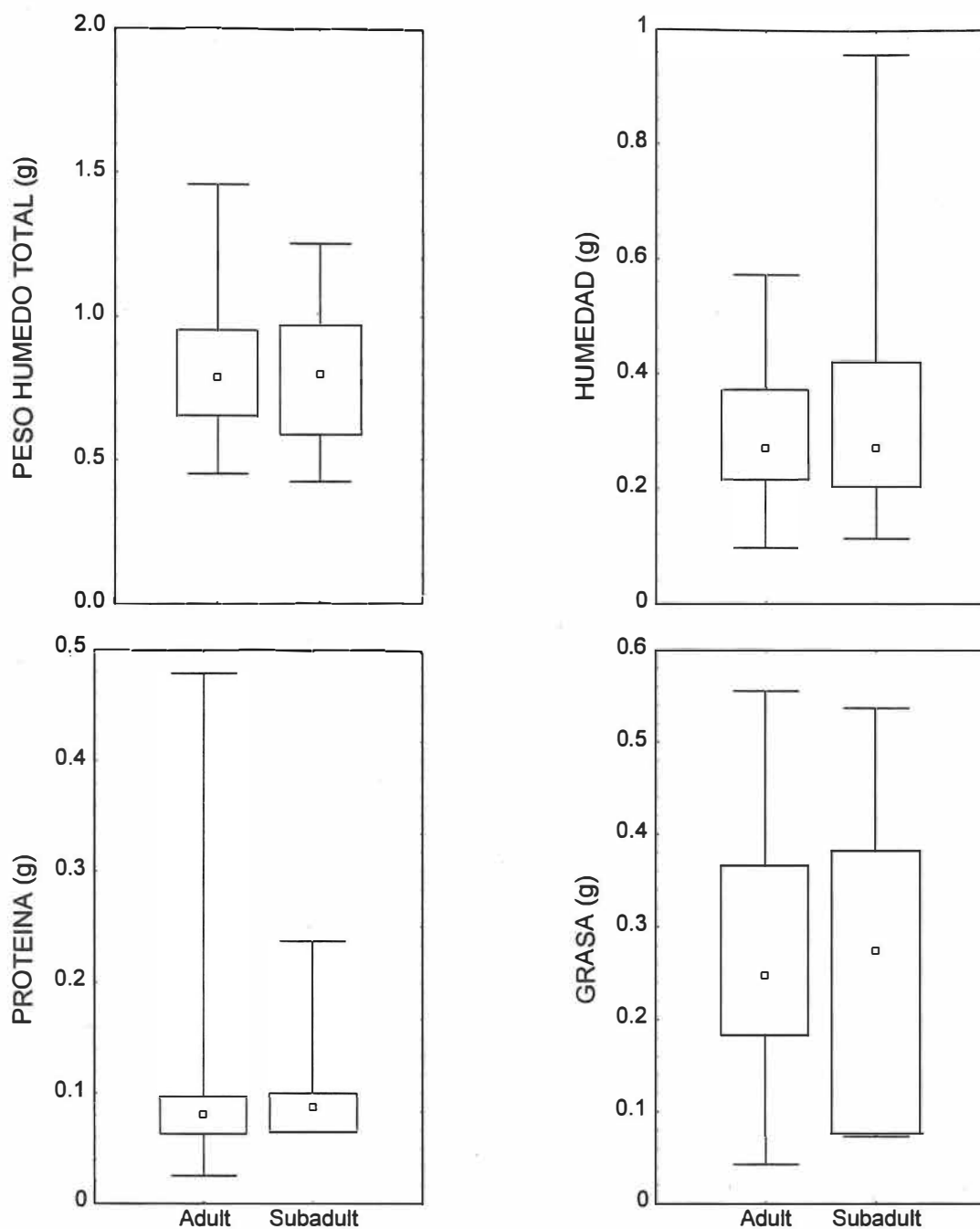


Figura 25.- Variación del peso de la piel y su composición de los individuos sacrificados por etapa de maduración. ANOVA: Peso húmedo de la piel, $F=0.005$, $gl=1$, 23 , $p=0.94$. Humedad, $F=1.0$, $gl=1$, 23 , $p=0.33$. Proteínas, $F=0.009$, $gl=1$, 23 , $p=0.93$. Grasa, $F=0.08$, $gl=1$, 23 , $p=0.78$.

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

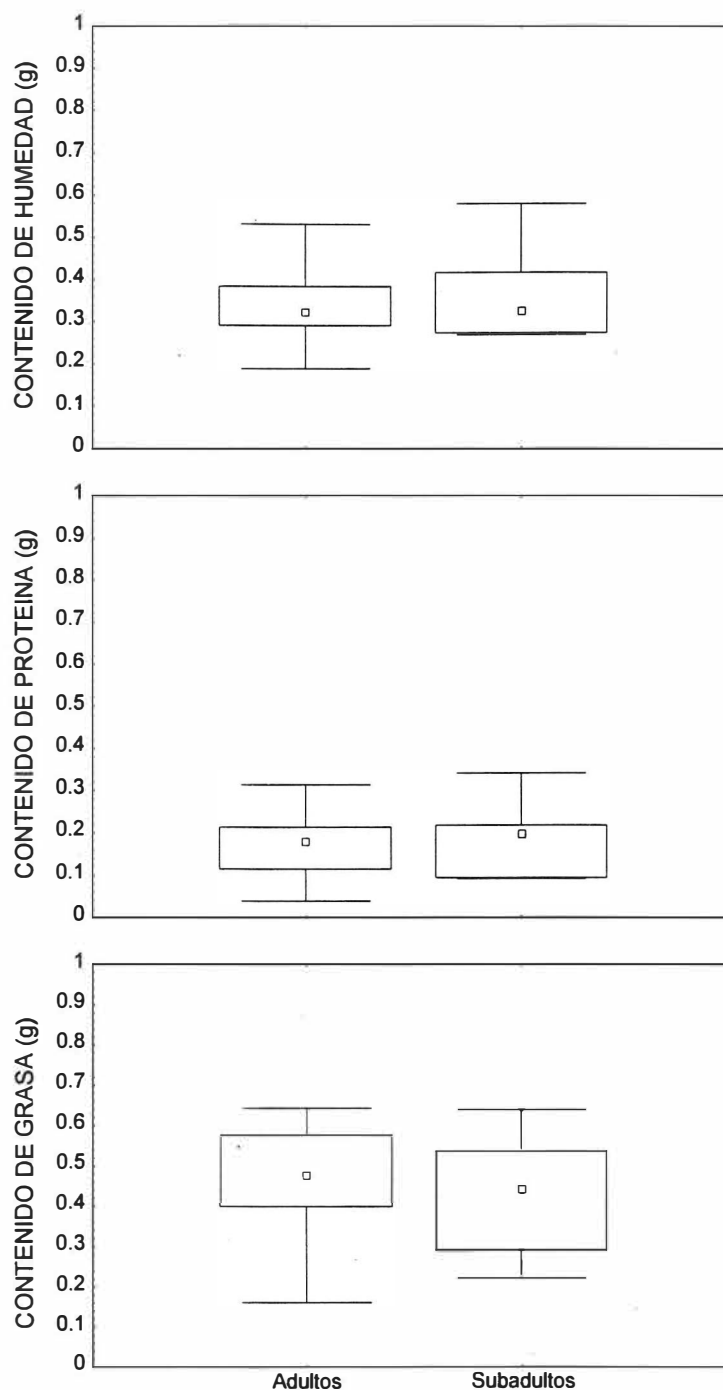


Figura 26.- Diferencia por etapa de maduración en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de piel de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=0.33$, $gl=1$, 23 , $p=0.57$. Proteínas, $F=0.66$, $gl=1$, 23 , $p=0.42$. Grasa, $F=0.78$, $gl=1$, 23 , $p=0.39$

□ 25%-75%. □ Media. T Máximo-Mínimo.

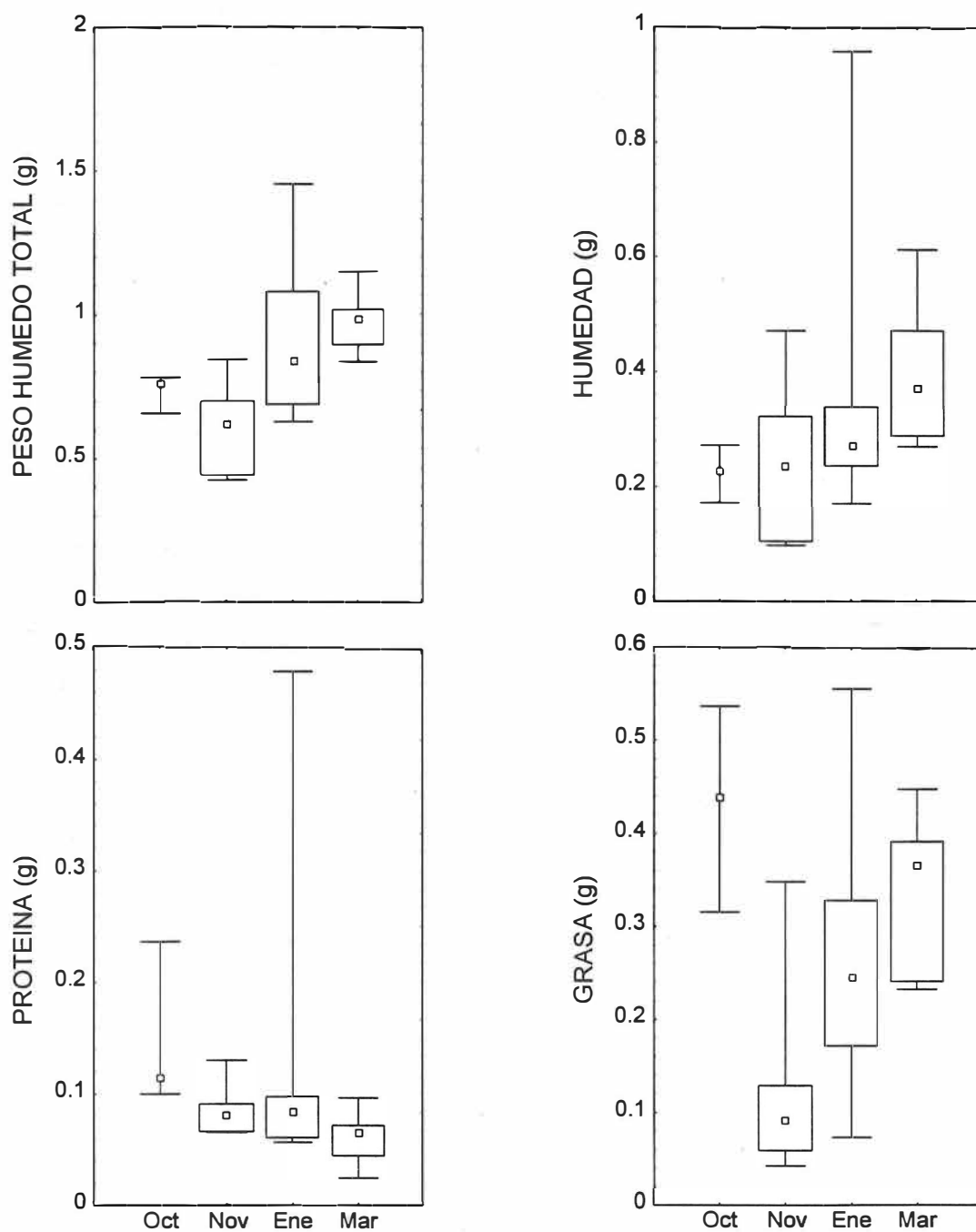


Figura 27.- Variación mensual del peso de la piel y su composición de los individuos sacrificados. ANOVA: Peso húmedo de la piel, $F=3.96$, $gl=3, 21$, $p=0.02$. Humedad, $F=1.22$, $gl=3, 21$, $p=0.33$. Proteínas, $F=0.71$, $gl=3, 21$, $p=0.56$. Grasa, $F=4.52$, $gl=3, 21$, $p<<0.01$.

□ 25%-75%. ■ Media. T Máximo-Mínimo.

significativa en el incremento de grasa total durante el invierno $F=4.52$, $gl=3$, 21 , $p=0.0002$. La humedad también aumentó durante el invierno aunque el incremento no fue significativo $F=1.22$, $gl=3$, 21 , $p=0.33$. El contenido de proteína de la piel disminuyó aunque no de forma significativa $F=0.71$, $gl=3$, 21 , $p=0.56$.

La proporción de humedad y grasa de la piel aumentaron durante la temporada (Figura 28), pero el incremento no fue significativo, humedad: $F=1.3$, $gl=3$, 21 , $p=0.29$; grasa: $F=2.8$, $gl=3$, 21 , $p=0.064$. La proporción de proteína en la piel disminuyó de manera significativa conforme se acercaba la época de migración $F=6.9$, $gl=3$, 21 , $p=0.002$.

V.3. MODELO PUNTA BANDA PARA DETERMINAR CONTENIDO DE GRASA Y PESO MAGRO *in vivo*

El modelo se desarrolló a partir de las correlaciones significativas (Figura 29 y Tabla VI) que existe entre el peso magro, la grasa total, el peso total y algunas medidas morfométricas de *Calidris mauri* (Tabla VII).

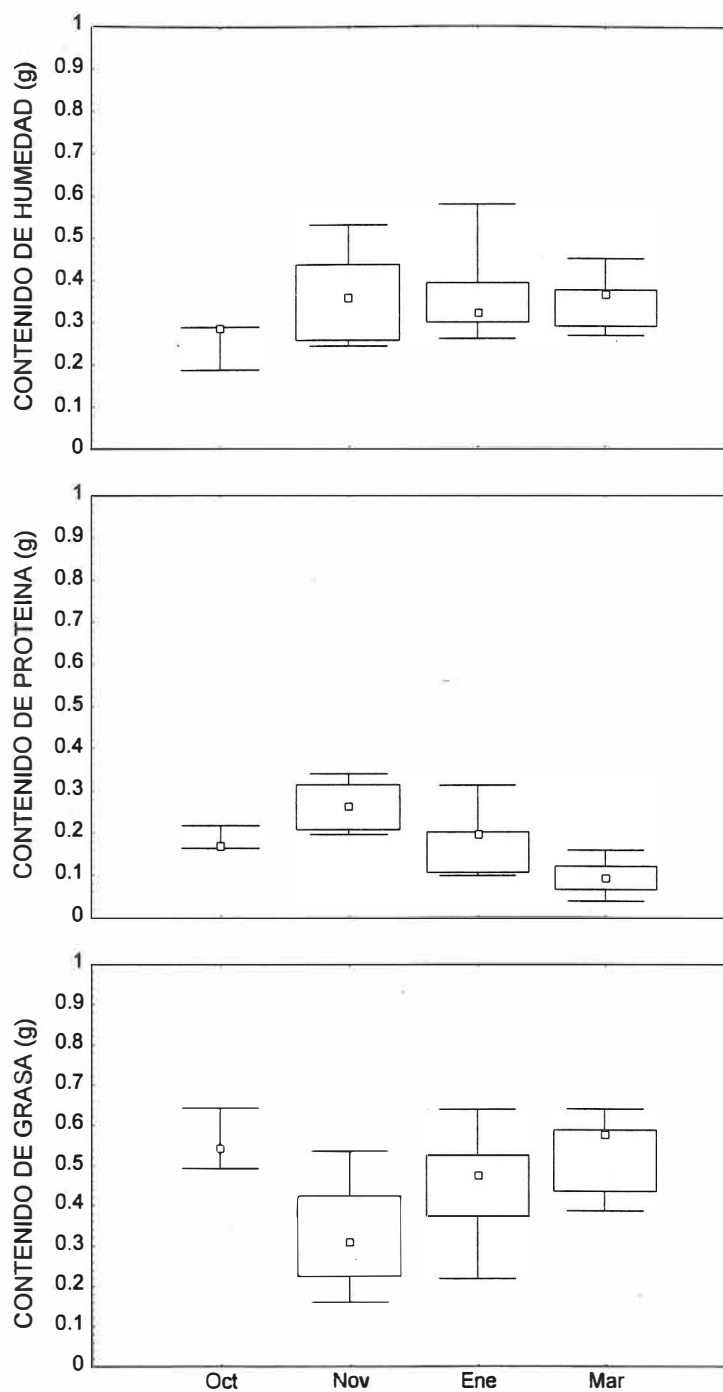


Figura 28.- Diferencia mensual en el contenido de humedad, proteína y grasa por gramo de piel de los individuos sacrificados. ANOVA: Humedad, $F=1.3$, $gl=3$, 21 , $p=0.29$. Proteínas, $F=6.29$, $gl=3$, 21 , $p=0.002$. Grasa, $F=2.8$, $gl=3$, 21 , $p=0.64$.

□ 25%-75%. ■ Media. T Máximo-Mínimo.

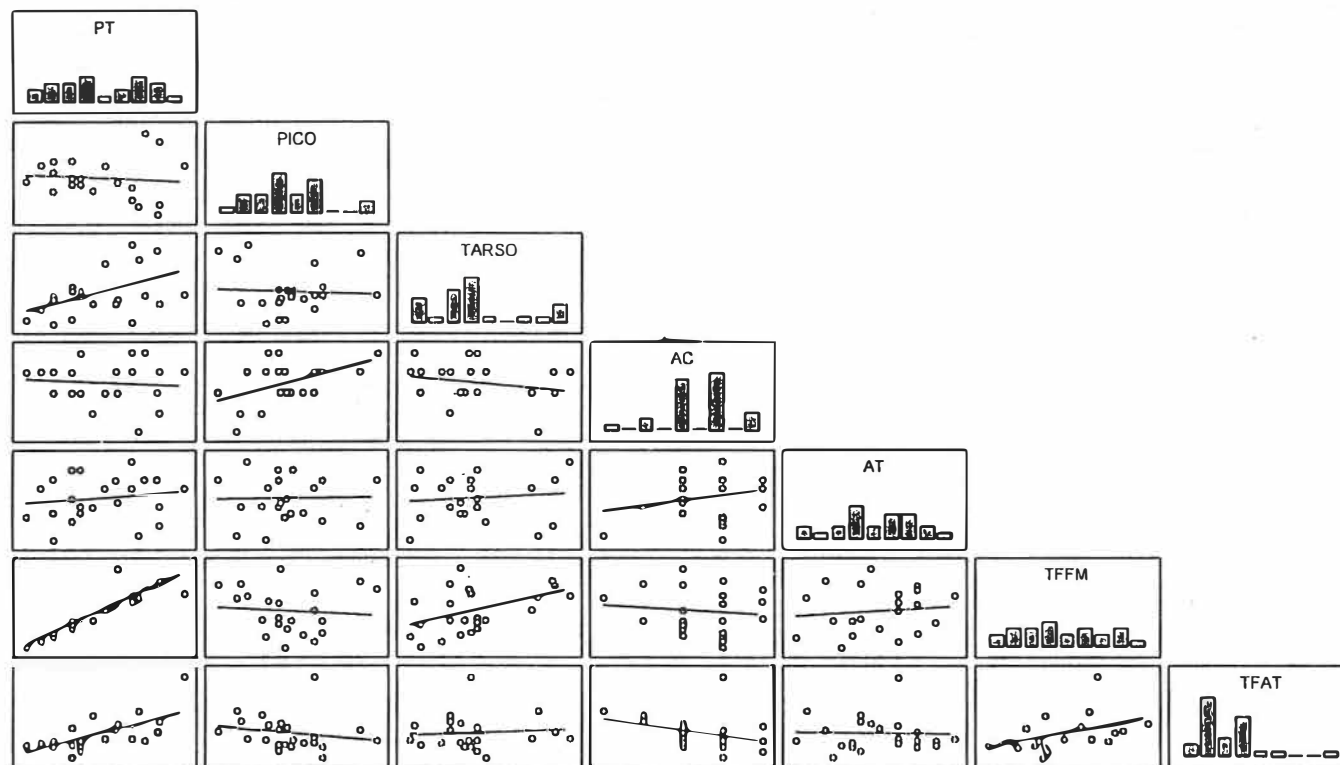


Figura 29.- Relación del peso total (PT) y las medidas morfométricas (pico, tarso, AC: cuerda del ala y AT: largo total del ala) con el peso magro (TFFM) y el contenido de grasa (TFAT) para los individuos sacrificados. La variable esta representada en el eje X cuando se encuentra en la parte superior de la gráfica y el eje Y cuando se encuentra a la derecha de la gráfica. (Ver coeficientes de correlación en la Tabla VI).

Tabla VI.- Matriz de correlación de las medidas morfométricas, el peso total y el peso magro de las machos sacrificados.

	Peso total	Pico	Tarso	Ala cuerda	Ala total
Peso total	1				
Pico	-0.11	1			
Tarso	0.46	-0.06	1		
Ala cuerda	0.05	0.29	-0.13	1	
Ala total	0.23	0.03	0.13	0.17	1
Peso magro	0.96	-0.13	0.52	0.08	0.19
Grasa total	0.64	-0.01	0.04	-0.09	0.21

El coeficiente de determinación r^2 es la proporción de la varianza explicada por la relación con las variables independientes. Los coeficientes en negritas fueron utilizados en el modelo Punta Banda.

Tabla VII.- Medias del peso total y las medidas morfométricas de *Calidris mauri* sacrificados.

	Machos				Hembras			
	Adultos		Subadultos		Adultas		Subadultas	
	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X}$
Peso total (g)	15	22.37 $\pm$ 1.66	10	22.25 $\pm$ 0.98	3	22.3 $\pm$ 2.58	1	28.5
Pico (mm)	15	22.80 $\pm$	10	22.0 $\pm$	3	26.3 $\pm$ 0.36	1	25.4
Tarso (mm)	15	22.31 $\pm$	10	21.83 $\pm$	3	23.1 $\pm$ 1.13	1	26.3
Ala cuerda (mm)	15	97.93 $\pm$	10	97.3 $\pm$	3	99.67 $\pm$ 4.52	1	106
Ala total (mm)	15	132.6 $\pm$	10	128.5 $\pm$	3	126.67 $\pm$ 12.84	1	135

n=número de muestra

$\bar{X} \pm s$ =media $\pm$ desviación estándar

Como se observa en los coeficientes de determinación (tabla VI) y en la Figura 29, el peso magro se correlacionó mejor con el peso total, $r^2=0.96$; y con el tarso, $r^2=0.46$; mientras que las demás variables contribuyeron poco a explicar el peso magro. La regresión múltiple más significativa fue la obtenida de la relación

existente entre el peso magro, el peso total y el largo del tarso (Ec. 5.1), $r^2=0.93$, $F=135.755$, $gl=2,22$, $p<0.01$. Para determinar el contenido de grasa, la mejor ecuación también fue por medio del peso total y el largo del tarso. Aun cuando el coeficiente de correlación fue menor al 0.50 esta relación fue significativa, $r^2=0.485$, $F=10.34$, $gl=2,22$, $p<0.01$.

El modelo final fue el siguiente:

$$PM=0.773PT+0.0898T+1.978$$

$$R^2=0.93, F=135.76, gl=2,22, p<<0.01$$

Ec. 5.1

$$D=PT-PM$$

Ec. 5.2

$$G=0.246PT-0.106T-1.97$$

$$R^2=0.485, F=10.34, gl=2,22, p<<0.01$$

Ec. 5.3

Donde:

PM= peso magro

PT= peso total

G= grasa

T= largo del tarso

D= depósitos de grasa y proteínas

Se determinó el contenido de grasa, los depósitos y el peso magro (reservas) *in vivo* para los individuos capturados con base en el modelo desarrollado por Butler (com. pers.) para la población de Boundary Bay, British Columbia, Canadá y se determinó un valor promedio por clase.

Modelo de Boundary Bay:

$$PM=4.494+0.327CUL+0.393PT \quad \text{Ec. 5.4}$$

$$D=PT-PM \quad \text{Ec. 5.5}$$

$$G=0.607PT-0.0318CUL-4.705 \quad \text{Ec. 5.6}$$

Donde:

CUL= pico o culmen

A los individuos capturados se les aplicaron los modelos de Punta Banda (obtenido en este trabajo) y de Boundary Bay (Butler, com. pers.) y se determinaron el peso magro y el contenido de grasa. Se correlacionaron el peso magro y grasa total determinados con los dos modelos con el peso total y medidas morfométricas. También se correlacionaron con el modelo Punta Banda, (sumatoria del peso total y el tarso) y el modelo Boundary Bay (sumatoria del peso total y el pico) para los machos capturados (Figura 30, tabla VIII).

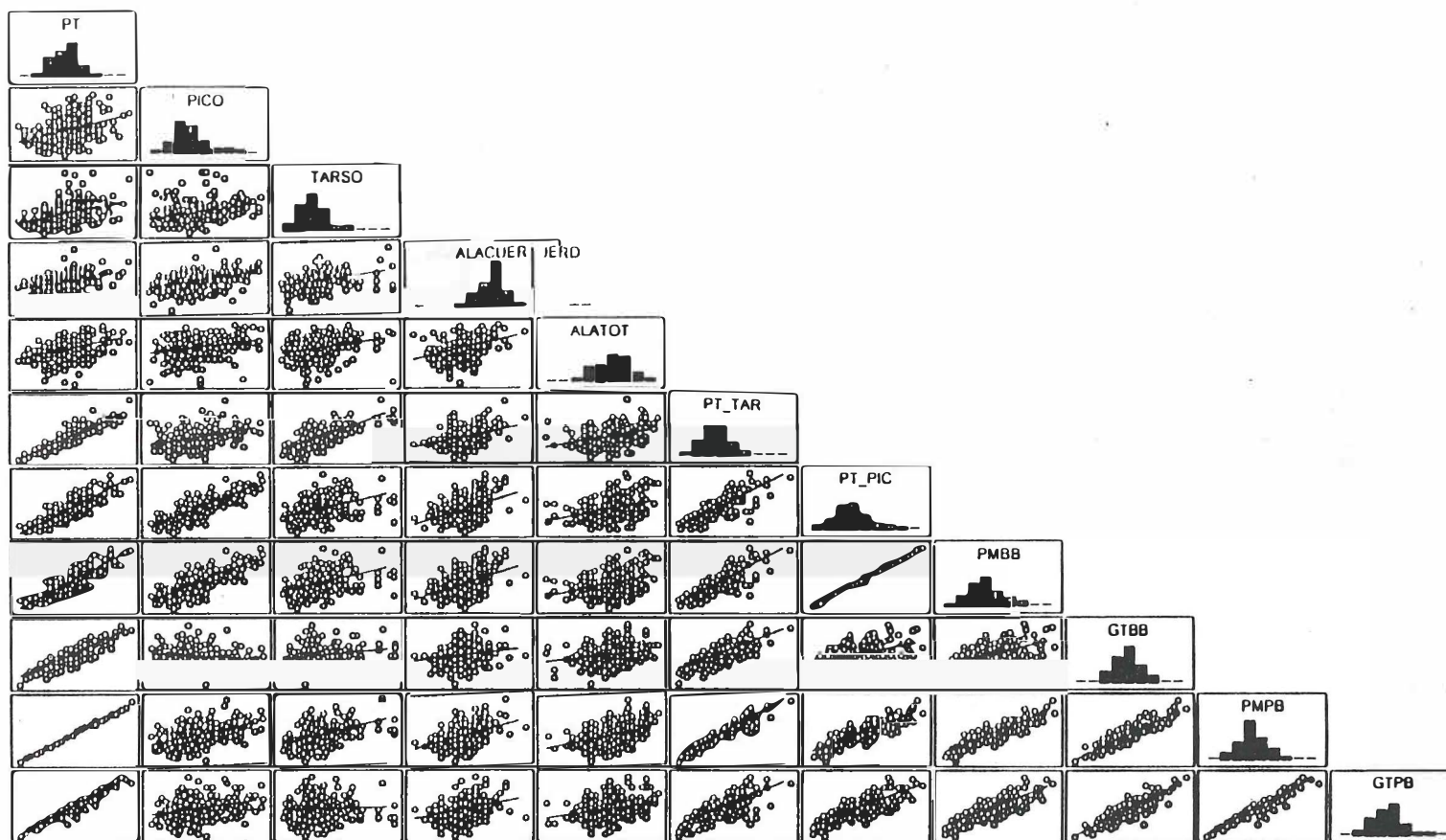


Figura 30.- Relación del peso total (PT), las medidas morfométricas (pico, tarso, AC: cuerda del ala y AT: largo total del ala), la sumatoria del peso total y tarso (PT_TAR) y la sumatoria del peso total y pico (PT_PIC) con el peso magro (PM) y contenido total de grasa (GT) determinados con el modelo Punta Banda (PB) y el modelo Boundary Bay (BB) para los individuos capturados. La variable esta representada en el eje X cuando se encuentra en la parte superior de la gráfica y el eje Y cuando se encuentra a la derecha de la gráfica. (Ver coeficientes de correlación en la Tabla VIII).

Tabla VIII.- Matriz de correlación del peso total (PT), las medidas morfométricas (Pi:pico, T:tarso, AC:cuerda del ala, AT:ala total), la sumatoria del peso total y tarso (PT+T) y la sumatoria del peso total y pico (PT+Pi) con el peso magro (PM), grasa total (GT) estimados por los modelos Punta Banda (PB) y Boundary Bay (BB) para los machos capturados.

	PT	Pi	T	AC	AT	PMBB	GTBB	PMPB	GTPB	PT+T
PT	1									
PI	0.20	1								
T	0.22	0.07	1							
AC	0.27	0.17	0.15	1						
AT	0.23	0.04	0.14	0.23	1					
PMBB	0.91	0.59	0.21	0.29	0.21	1				
GTBB	0.95	-0.12	0.20	0.22	0.22	0.74	1			
PMPB	0.99	0.20	0.30	0.28	0.24	0.91	0.95	1		
GTPB	0.96	0.19	0.05	0.23	0.20	0.88	0.92	0.94	1	
PT+T	0.87	0.19	0.69	0.28	0.24	0.80	0.82	0.90	0.70	1
PT+Pi	0.88	0.64	0.21	0.29	0.20	0.99	0.69	0.88	0.85	0.77

El coeficiente de determinación r^2 es la proporción de la varianza explicada por la relación con las variables independientes.

Como podemos observar en los coeficientes de correlación (Tabla VIII) el peso total *in vivo* de *Calidris mauri* se correlaciona bien tanto con los valores para el peso magro y la grasa total determinados con los modelos Punta Banda (PB) y Boundary Bay (BB). Para realizar el modelo con los individuos sacrificados fue necesario incluir una medida independiente ya que no es bueno determinar el peso magro a partir del peso total únicamente pues se viola la suposición de independencia de la regresión. La medida que mejor correlacionó con el peso magro para el modelo PB fue el largo del tarso y según el modelo de Butler la mejor correlación fue con el largo del pico.

Al correlacionar el peso total y el largo del tarso con el peso magro tanto para el modelo PB como para BB para los individuos capturados, el coeficiente explica el 90% de la varianza para el modelo PB y el 79% de la varianza para el modelo BB (Figura 30). Al correlacionar la ecuación del peso total y el largo del pico con el peso magro tanto para el modelo PB como para BB para los individuos capturados, el coeficiente explica el 88% de la varianza para PB mientras que explica el 99.8% del modelo BB (Figura 30).

Se determinó el valor promedio de las variables para individuos tipo durante el invierno por clase para determinar su peso magro y contenido de grasa total (Tabla IX).

Tabla IX.- Individuos tipo de *Calidris mauri* por clase.

	Machos				Hembras			
	Adultos		Subadultos		Adultas		Subadultas	
	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X} \pm s$	n	$\bar{X} \pm s$
Peso total (g)	165	22.06 $\pm$ 1.39	158	21.80 $\pm$ 1.67	14	23.04 $\pm$ 1.66	36	23.86 $\pm$ 1.85
Pico (mm)	165	22.36 $\pm$ 0.91	157	22.31 $\pm$ 0.98	14	26.12 $\pm$ 0.81	36	26.19 $\pm$ 0.95
Tarso (mm)	165	22.05 $\pm$ 1.05	156	21.83 $\pm$ 0.95	14	23.05 $\pm$ 0.75	36	22.95 $\pm$ 1.01
Ala cuerda (mm)	165	98.14 $\pm$ 2.49	155	97.21 $\pm$ 2.61	14	100 $\pm$ 3.09	36	100.69 $\pm$ 3.04
Ala total (mm)	162	131.09 $\pm$ 4.85	155	129.22 $\pm$ 4.65	13	133.31 $\pm$ 7.76	35	134.47 $\pm$ 4.47

Los pesos magros obtenidos por medio del modelo de Butler se compararon con los obtenidos mediante el modelo de este trabajo para las aves capturadas en el estero de Punta Banda (Figura 31) y se obtuvo un coeficiente de correlación de 90%. Se aplicaron ambos modelos a las aves sacrificadas y cada uno se comparó con los pesos magros obtenidos en laboratorio (Figura 32, Tabla X). El peso magro obtenido en el laboratorio explica el 96% de la varianza del peso magro determinado con el modelo PB (Figura 32A), mientras que solo explica el 75% de la varianza del peso magro determinado con el modelo BB (Figura 32B).

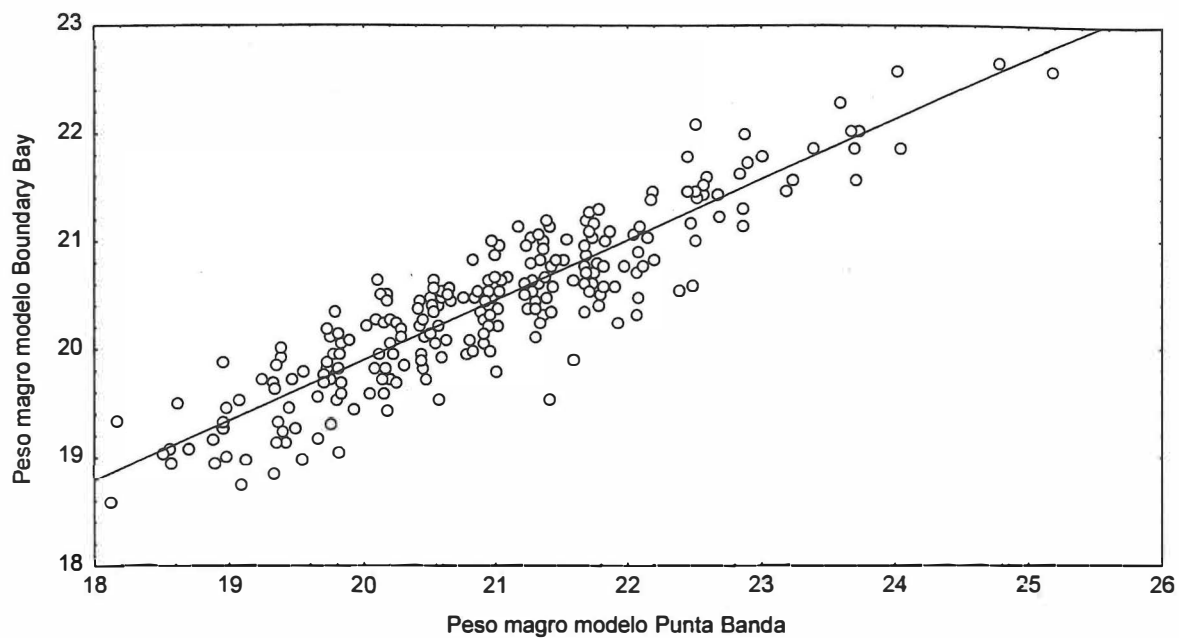


Figura 31.- Relación de los peso magros de *Calidris mauri* capturados determinados con los modelos Punta Banda y Boundary Bay, $r^2=0.91$.

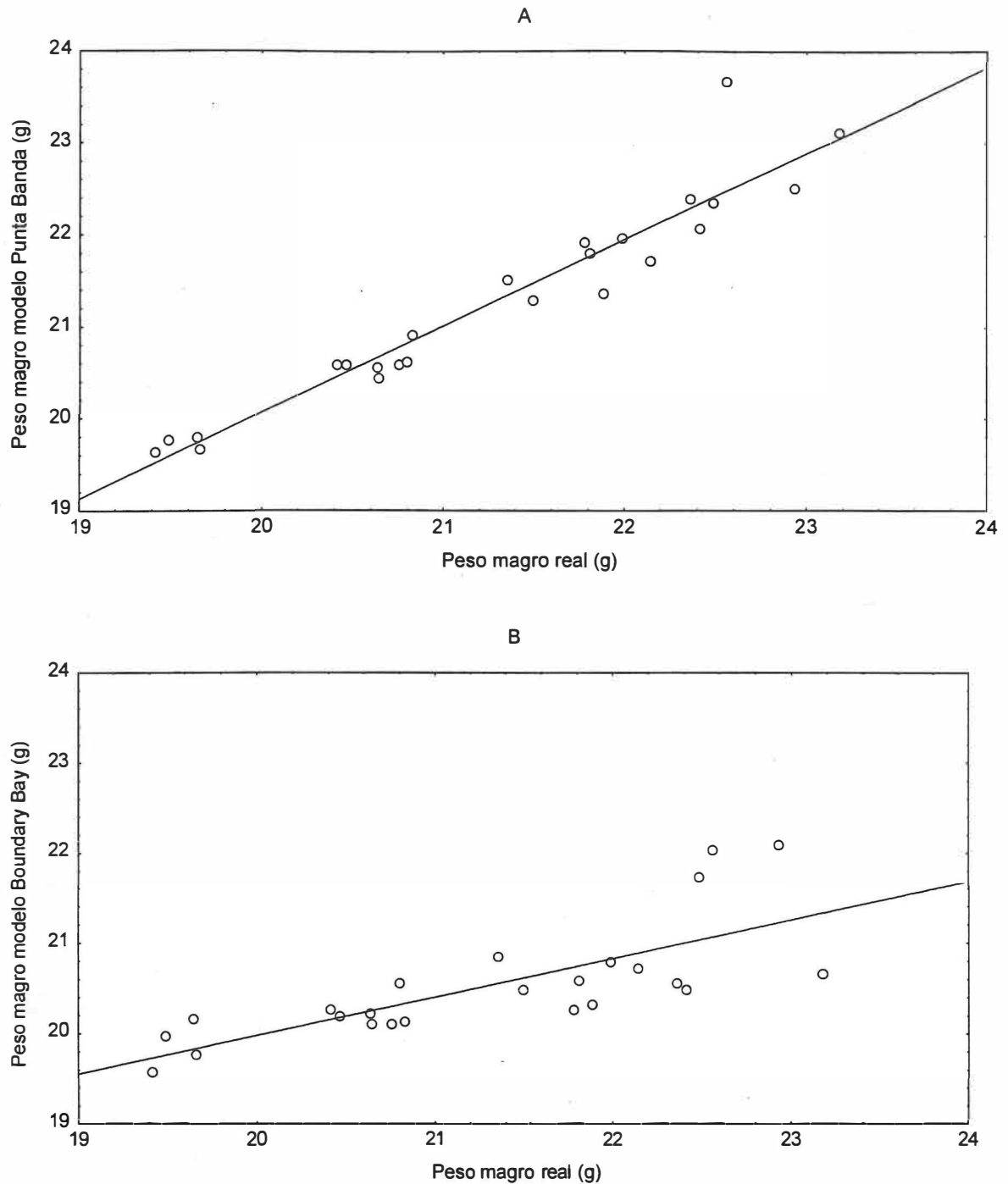


Figura 32.- A) Relación de los peso magros de *Calidris mauri* sacrificados determinados con el modelo Punta Banda y los pesos magros determinados experimentalmente $PMPB=1.589+0.925PMLab$, $r^2=0.96$. B) Relación de los peso magros de *Calidris mauri* sacrificados determinados con el modelo Boundary Bay y los pesos magros determinados experimentalmente, $r^2=0.76$ $PMBB=11.942+0.404PMLab$.

No se encontraron diferencias significativas entre los pesos magros de los machos adultos sacrificados con los obtenidos al aplicar el modelo de PB (Tabla X), $t_{0.05}=0.5$, $gl=164$, $p\approx 1$. Tampoco hubo diferencias significativas para los machos subadultos, $t_{0.05}=1.42$, $gl=155$, $p\approx 1$. Al aplicar el modelo de Butler para los mismos datos se encontraron diferencias significativas con el valor de laboratorio, para machos adultos, $t_{0.05}=1.98$, $gl=164$, $p<0.05$; y para machos subadultos, $t_{0.05}=3.01$, $gl=156$, $p<0.05$. No hay diferencia entre los datos obtenidos en laboratorio y los obtenidos por medio del modelo presentado aquí, pero si hay diferencia con los datos obtenidos por medio del modelo de Butler.

Tabla X.- Valores de peso magro, grasa y depósitos y su desviación estándar obtenidos en el laboratorio y mediante los modelos de Punta Banda y Boundary Bay (Butler com. pers.).

	Valores de laboratorio (VL) (g)	Modelo Punta Banda (PB) (g)	Modelo Boundary Bay (BB) (g)	t para VL-PB	t para VL-BB
Machos adultos	n=15 PM=21.18±1.37 D=1.19 G=1.24±0.53	n=165 PM=21.01±1.097 D=1.05±0.310 G=1.12±0.337	n=165 PM=20.48±0.679 D=1.59±0.828 G=1.58±0.827	t=0.5 gl=164 p≈1	t=1.98 gl=164 p<0.05
Machos subadultos	n=10 PM=21.24±0.978 D=0.96 G=0.956±0.18	n=156 PM=20.80±1.317 D=1.013±0.373 G=1.082±0.404	n=157 PM=20.31±1.01 D=1.49±1.12 G=1.48±1.11	t=1.42 gl=155 p≈1	t=3.01 gl=156 p<0.05

V.4. DETERMINACIÓN DE LA DISTANCIA DE VUELO

Al aplicar las tres ecuaciones se encontraron resultados muy variados. La ecuación de Pennycuick (1989) (Ec. 4.3) predice las distancias más cortas, las distancias fueron menores para los machos subadultos (27.2-117.3 km). según el modelo utilizado) y mayores para las hembras subadultas (27.5-148.5 km.).

Tabla XI.- Distancias posibles de vuelo sin corrección por viento para individuos invernantes de *Calidris mauri* por clase.

	Machos		Hembras	
	Adultos	Subadultos	Adultas	Subadultas
K (J/g)	1.2	1.2	1.2	1.2
L/D máximo	0.590	0.582	0.592	0.591
W ₁ (peso total en kg.)	0.02187	0.02150	0.02275	0.02316
W ₂ (peso magro en kg.)	0.02086	0.02042	0.02166	0.02185
Depósitos (kg.)	0.00101	0.00108	0.00109	0.00131
S (velocidad máxima de vuelo en m/s)	27.1	27.2	27.3	27.5
DISTANCIA POSIBLE DE VUELO (km.) Summers y Waltner (1979)	127.7	117.3	123.9	148.5
DISTANCIA POSIBLE DE VUELO (km.) Davidson (1984)	101.3	93.1	98.5	118.2
DISTANCIA POSIBLE DE VUELO (km.) Pennycuick (1989)	27.5	26.8	28	31

VI. DISCUSIÓN

VI.1. VARIACIÓN ESTACIONAL EN *Calidris mauri*

Debido a que no se observan cambios en el peso total de las aves recapturadas a largo del invierno, se asume que no hay un efecto negativo de la manipulación de las aves sobre el peso total posterior a la captura (Figura 2) y estas se recuperaron de la deshidratación y otros efectos que pudieran haber sufrido durante la manipulación.

La masa total tanto de machos como hembras presentan la misma tendencia a lo largo del año (Figura 3). Hay una disminución del peso total durante el mes de junio debido a la energía que se requiere para la reproducción. Aunque los adultos comienzan a incrementar su peso para el mes de julio, son más ligeros que los subadultos. Esto se debe a que al finalizar la reproducción, los adultos poseen depósitos pequeños o nulos, tienen que acumular reservas y depósitos para prepararse para la migración. Mientras que los subadultos solo tienen que prepararse para la migración y su deposición es más rápida (Davidson, 1981). Para agosto y septiembre no hay datos de adultos en las áreas de reproducción, ya que los adultos dejan estas áreas antes que los subadultos. Pero podemos observar como se incrementa el peso total con el paso del tiempo. En Punta Banda, para la invernación (de octubre a marzo), se da una disminución en el peso tanto de subadultos como de adultos. Para el mes de octubre los adultos han estabilizado su peso mientras que los subadultos lo estabilizan en

noviembre. Ambas clases comienzan a prepararse para la migración en febrero, que es cuando comienzan a incrementar su peso, el incremento continua durante la migración de primavera (Butler *et al.*, 1987).

El peso total invernial de *Calidris mauri* tanto adultos como subadultos es menor que la media del peso total anual (Figura 33), tal vez como resultado del balance necesario entre la obtención de energía en forma de alimento y el gasto de la misma en la búsqueda de alimento, en volar para moverse de un sitio a otro o para escapar de los depredadores o para mantener sus procesos metabólicos. Aún con estas necesidades los depósitos necesarios para llevar a cabo estas actividades y sobrevivir al invierno son menores que la energía requerida durante la migración o la reproducción.

Para la temporada de invierno, los adultos sacrificados y capturados presentan el peso total más bajo del invierno durante el mes de octubre (Figura 34). Según Johnson *et al.*, (1989) las aves playeras tienden a disminuir el peso corporal posterior a la migración de otoño posiblemente como respuesta a la energía requerida por el comportamiento asociado al establecimiento de residencia combinado con el cambio de plumaje. Para el mes de noviembre las aves de Punta Banda recuperan peso tal vez como respuesta al establecerse ya en la zona en que pasaran el invierno. La diferencia de peso de los subadultos sacrificados en los meses de octubre y marzo con los capturados puede ser debido a que el número de muestra es muy pequeño.

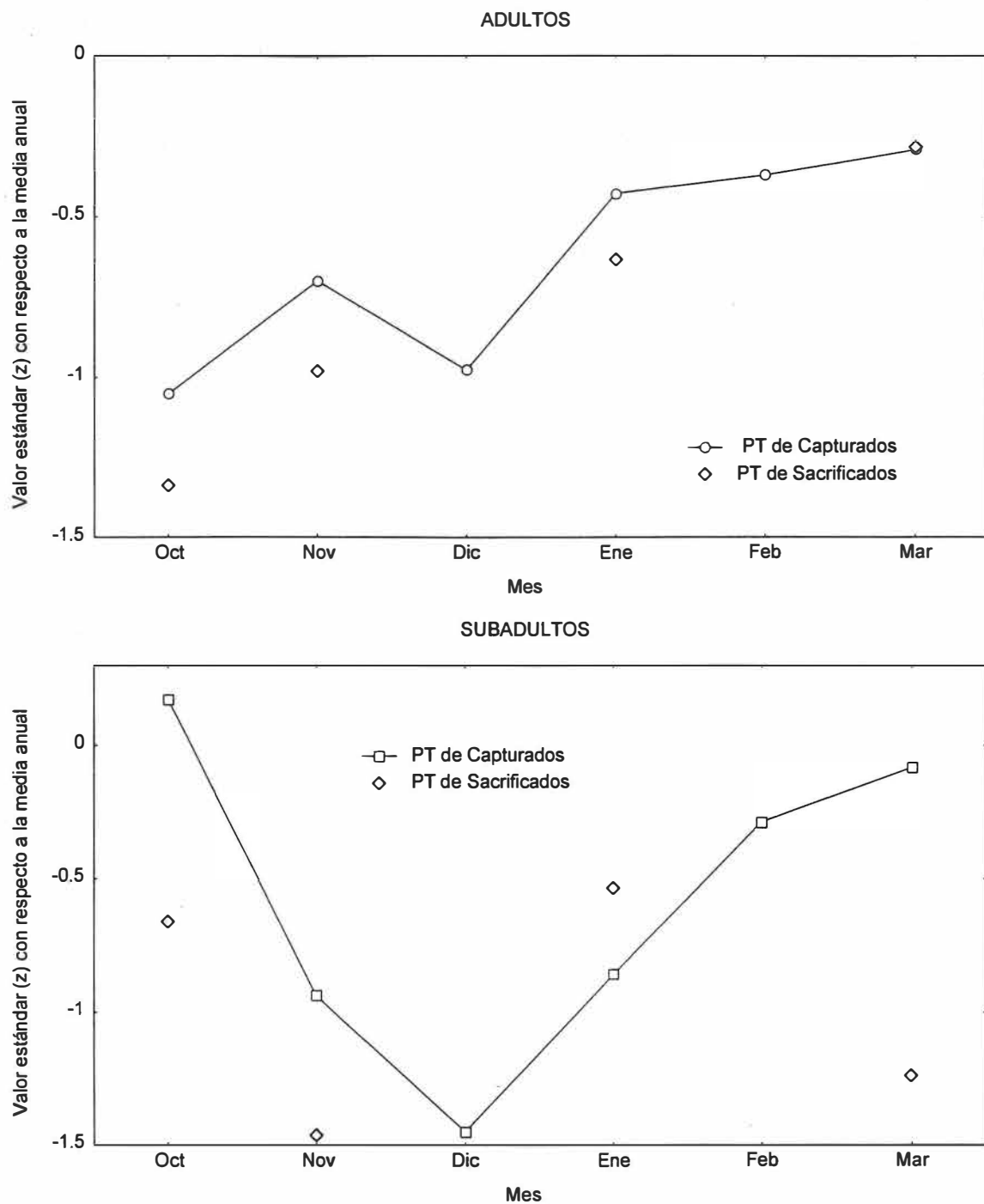


Figura 33.- Peso total (PT) de adultos y subadultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media anual del peso corporal por clase de *Calidris mauri*. (Butler et al., 1987, Punta Banda-invierno 1994-1995).

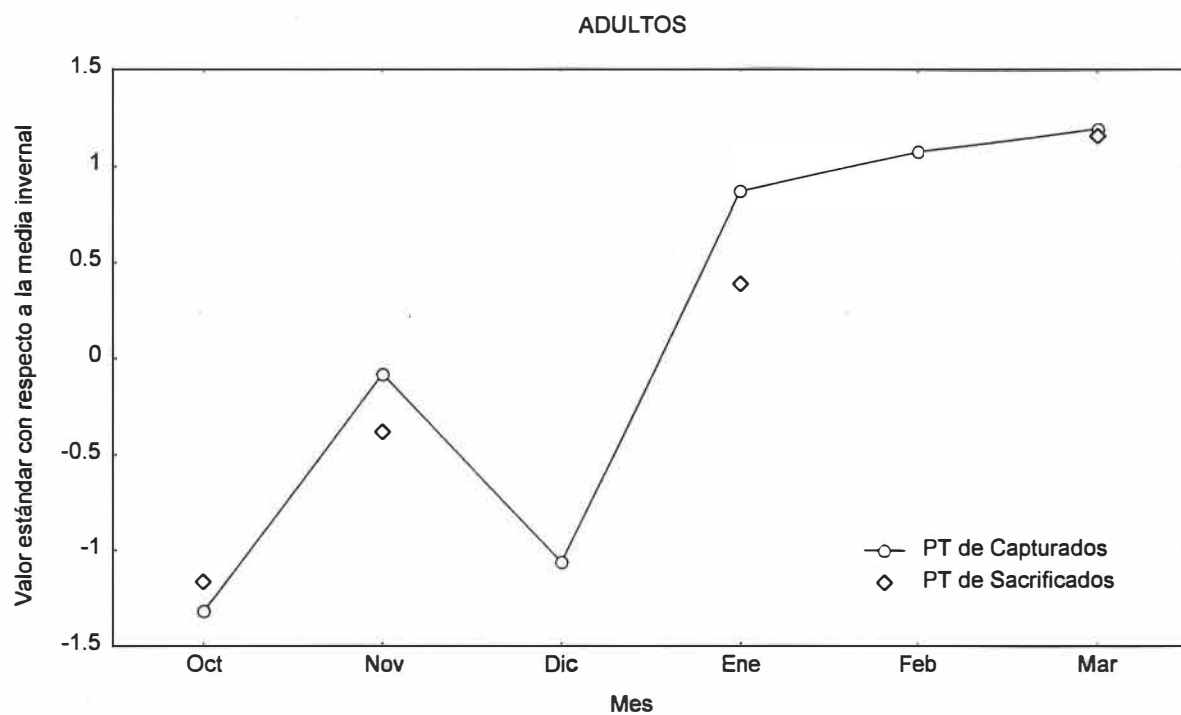


Figura 34.- Peso total (PT) de adultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media invernal del peso corporal de *Calidris mauri*
 $X_{\text{MachosAdultos}}=22.06$ para 1994-95.

Esta pérdida de peso puede ser respuesta a inclemencias del clima, mostrar que noviembre es una anomalía o ser una respuesta fisiológica a cambios internos de lo cual no hay registro puesto que no se sacrificaron aves durante ese mes. Para el mes de enero comienza la recuperación del peso corporal como reflejo a la deposición de grasa previa a la migración.

En mes de octubre los subadultos (Figura 35) presentan un mayor peso corporal que los adultos, posiblemente debido a que los subadultos han arribado al estero recientemente, para noviembre los subadultos han perdido peso asociado tal vez al establecimiento en la zona de invernación, esta pérdida de peso continua hasta diciembre. En enero los subadultos comienzan a incrementar su peso como preparación para la migración de primavera, aunque esta recuperación es más lenta que los adultos. Esto puede reflejar la inexperiencia de los subadultos durante el invierno para buscar alimento o residencia; ya que los costos de energía asociados con la primera migración al sur y la competencia necesaria para establecer residencia en zonas de invernación (Buenrostro, 1986) pueden exceder la energía disponible y convertirse en una de las principales causas de mortalidad (Davidson, 1984; Johnson *et al.*, 1989).

Para cualquier ave playera y por tanto para *Calidris mauri*, el mantener un peso corporal mayor al esencial o necesario para ciertas condiciones, en este caso, de invernación, puede ser energéticamente desventajoso y aumentar el riesgo de depredación (Dick y Pienkowski, 1979; Johnson *et al.*; 1989).

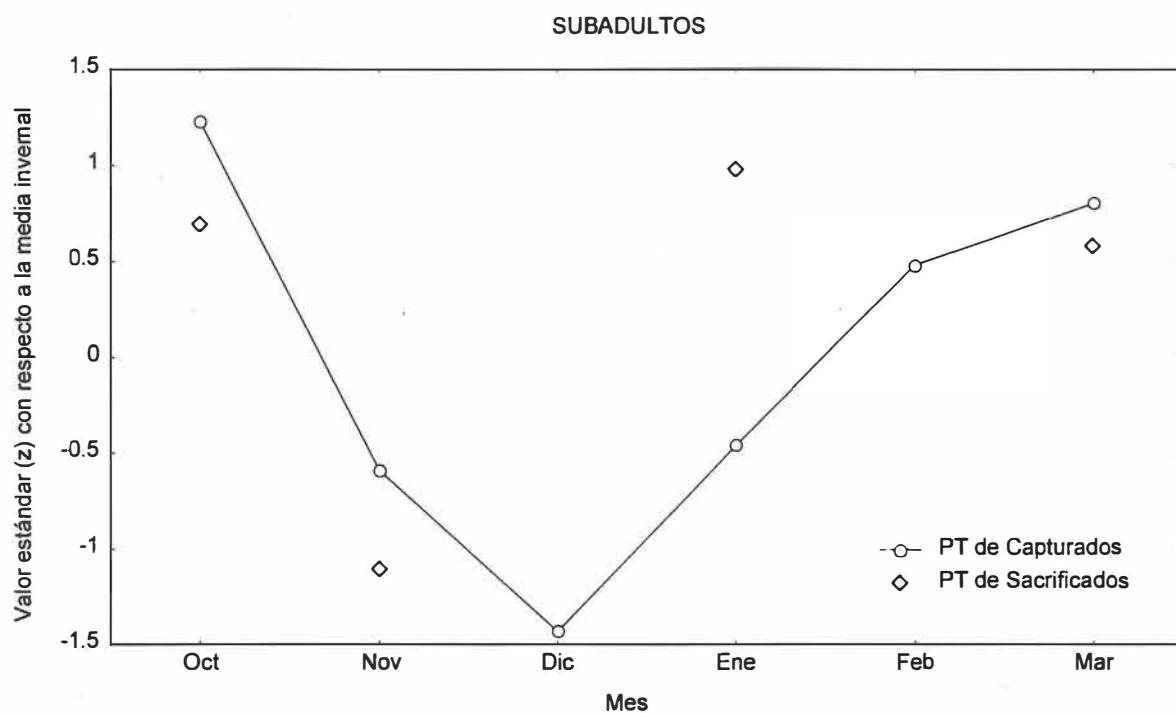


Figura 35.- Peso total (PT) de subadultos capturados y sacrificados; estandarizado con respecto a la media invernol del peso corporal de *Calidris mauri* $X_{\text{MachosSubadultos}} = 21.8$ para 1994-95.

VI.2. CONDICIÓN CORPORAL DE *Calidris mauri*

La correlación del IG muestra que éste puede ser utilizado como una herramienta de apoyo para conocer la condición corporal de *Calidris mauri*, pero que por si solo no explica el estado en que se encuentra. Como se observa en la Tabla IV, los valores r de Spearman fluctúan entre 0.115 y 0.656. El IG explica de forma significativa solo el 21% de la variabilidad del peso total de la muestra de adultos y el 30% de la variabilidad del peso total de los machos subadultos y no necesariamente la condición corporal. Estos resultados corroboran que el IG explica simplemente la presencia o ausencia de grasa pectoral pero no explica de forma alguna la variabilidad del peso total, de la grasa total, de la grasa de músculo y de corazón, y tampoco explica la grasa de la piel.

Aún así, el IG mostró correlación con el tiempo (Figura 8), esto puede tener dos explicaciones. Primero, conforme avanza la temporada, la acumulación de grasa pectoral aumenta y se torna más visible, sin que esto se refleje en la variabilidad del peso total. Segundo, se puede sobrevalorar la acumulación de grasa por una predisposición del observador debida a que la temporada de migración es cada vez más cercana y pueden estar predispuestos a sobrestimar la grasa pectoral dada la cercanía de la migración.

El peso magro y la grasa total de los adultos capturados presentan la misma tendencia que el peso corporal total durante el invierno. Hay un incremento de la grasa total y del peso magro y total en noviembre, pero estos

disminuyen en diciembre y comienzan el incremento de peso durante el mes de enero, con excepción de la grasa total que disminuye para marzo. Esto coincide con lo encontrado por Davidson (1981) para otras especies de playeros bajo condiciones climáticas extremas, que encuentra que para principios de marzo la grasa disminuye en un 7% no especificado en todas las especies (Figura 36).

Para los adultos sacrificados no se detecta ninguna disminución en el peso debido a que no se sacrificaron aves en diciembre y pareciera que el incremento de peso es continuo durante la temporada, pero como observamos al comparar con los adultos capturados (Figura 34), el peso total de los sacrificados presentó la misma tendencia, así que suponemos se comportan igual. Tanto para los individuos sacrificados como para los capturados el peso magro y la grasa total fueron menores durante el otoño y mayores en la primavera.

Todos los adultos ganan peso previo a la migración mientras progresa el invierno, cuando llegan a la zona de invernación (Punta Banda) necesitan menor cantidad de energía puesto que las condiciones a las que vuelven tienden a ser más benignas que en zonas más al norte. El clima predeciblemente clemente y la presencia de alimento aparentemente abundante (Buenrostro, 1996) pueden explicar el peso magro del otoño menor que el de primavera y reflejar las condiciones favorables del lugar al que regresan.

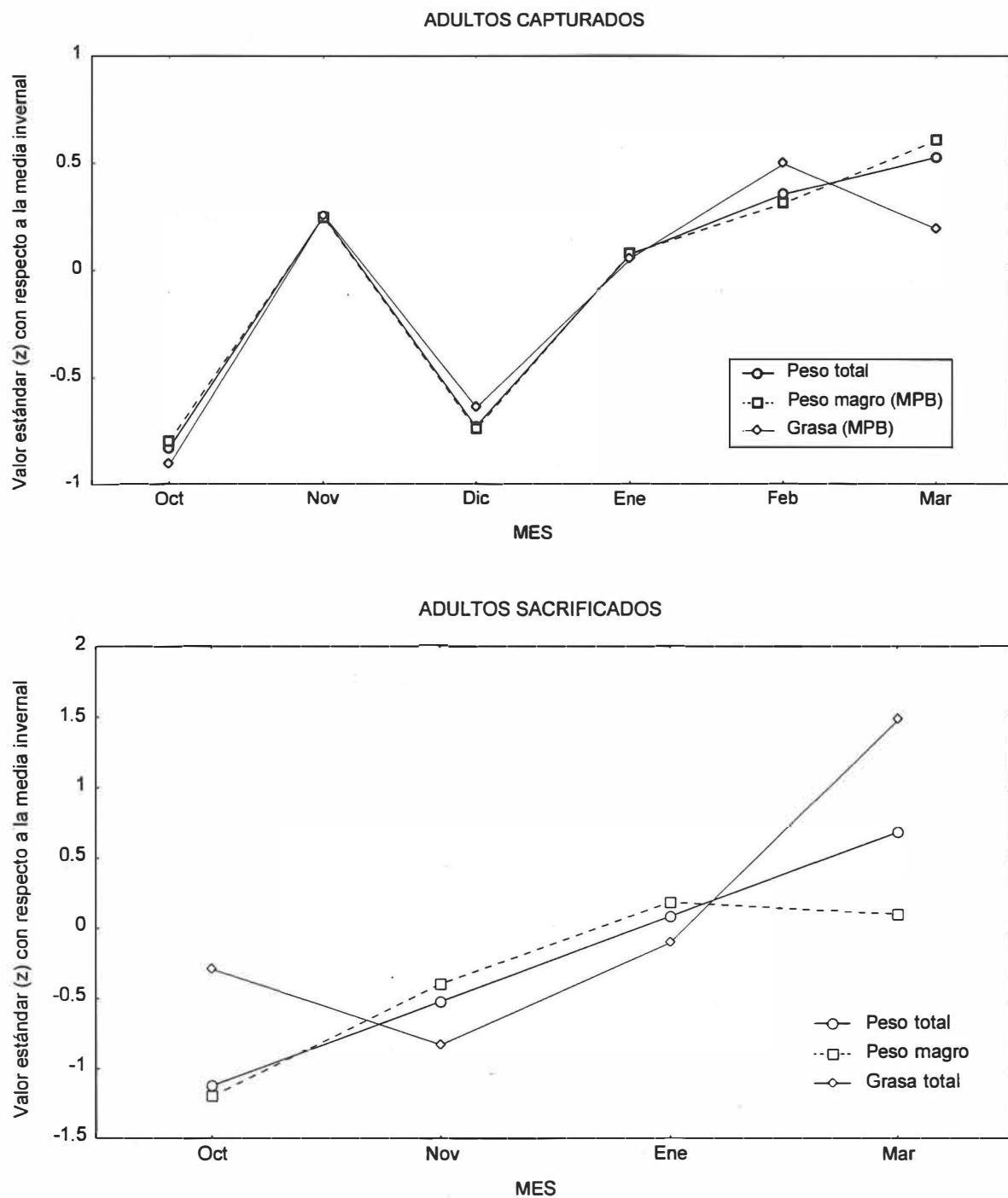


Figura 36.- Peso total (PT), peso magro (PM) y grasa total (GT) de adultos capturados (determinado con el modelo Punta Banda) y sacrificados (valores obtenidos en laboratorio); estandarizados con respecto a la media invernial del de *Calidris mauri* para 1994-95.

La situación es inversa en la primavera, el incremento en el peso magro y el contenido de grasa pueden indicar circunstancias menos predecibles en su viaje hacia el norte por lo cual los requerimientos energéticos son mayores (Dick y Pienkowski, 1979; Davidson, 1981; Johnson *et al.*, 1989).

Para los subadultos, el peso magro y la grasa total presentaron la misma tendencia del peso total durante el invierno (Figura 37). Los subadultos disminuyen el peso total, peso magro y grasa total para noviembre y diciembre. Para enero se nota un incremento por encima de la media invernal, un pico para febrero y para marzo hay una disminución. El pico del peso durante febrero coincide con lo encontrado por Evans y Smith (1975) para latitudes norteadas, en que las aves playeras frecuentemente exhiben un pico a medio invierno en el contenido de grasa, (aquí también se presenta para el peso magro, debemos tener en cuenta que parte de este son depósitos) como seguro en contra de las inclemencias del tiempo, seguido por una pérdida de grasa hasta el momento previo a la migración. Esto no ocurre si las condiciones climáticas son favorables. Este pico no lo presentaron los adultos; aparentemente hubo presencia de alimento abundante (Buenrostro, 1996). Dado que este pico no lo presentaron los adultos, sugiere que las condiciones de invierno para los subadultos hacen necesario el asegurarse por cualquier contratiempo. Esto corrobora la segregación de los subadultos encontrada por Buenrostro (1986).

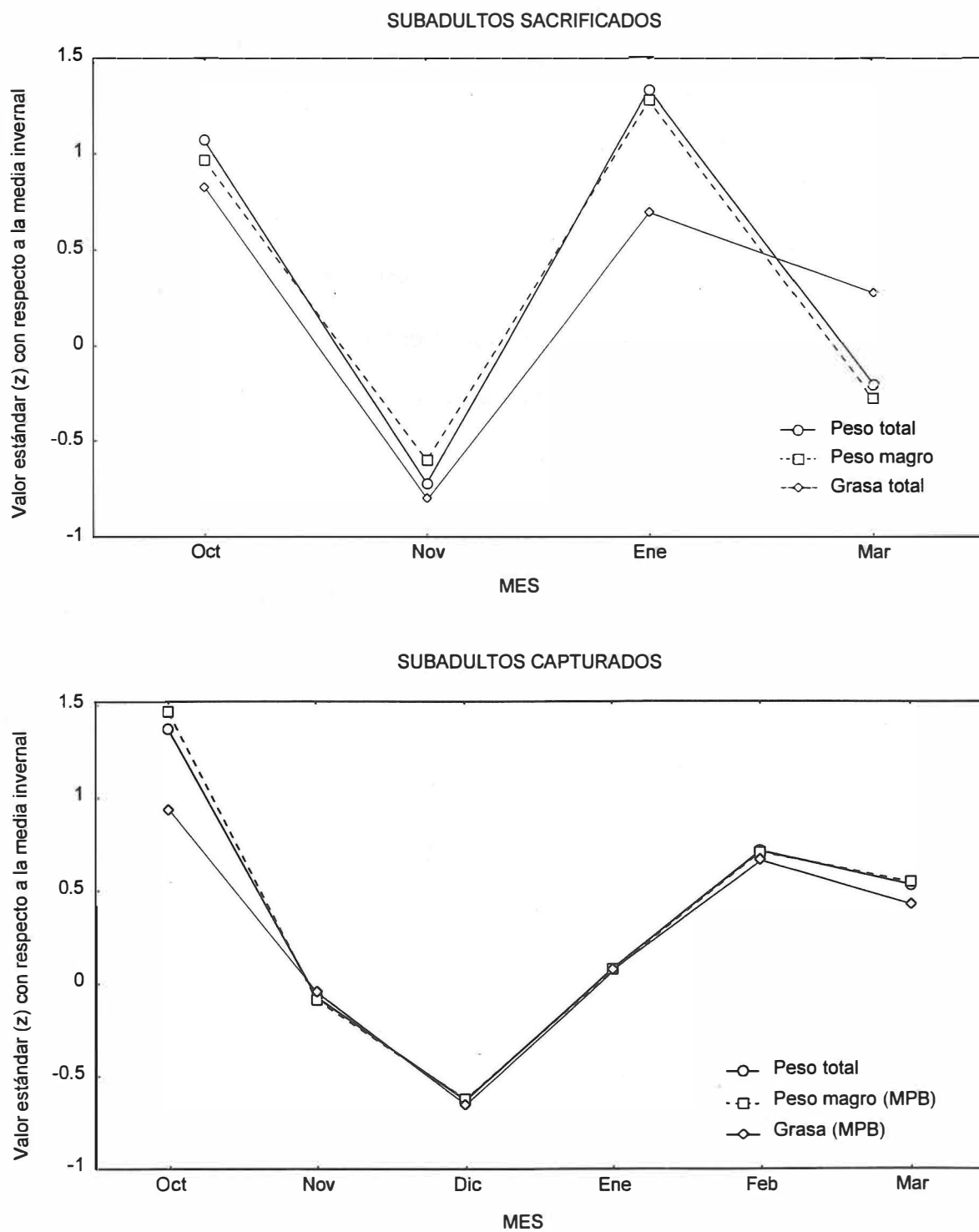


Figura 37.- Peso total (PT), peso magro (PM) y grasa total (GT) de subadultos capturados (determinado con el modelo Punta Banda) y sacrificados (valores obtenidos en laboratorio); estandarizados con respecto a la media invernol del de *Calidris mauri* para 1994-95.

Si no existe un cambio aparente en la cantidad o tipo de alimentación, esto pudiera estar regulado por un reloj interno (Johnson *et al.*, 1989). Al comparar con el peso total, magro y la grasa total de los adultos, los valores para los subadultos son más bajos, esto nos puede llevar a otra explicación del porque del pico de febrero. Los subadultos tienen depósitos aun cuando sus valores sean menores a los de adultos, por lo que es poco probable que el peso corporal refleje estrés durante la primera migración. No es que dicho estrés no sea importante ya que puede tener impactos significativos. Mas bien sugieren que los subadultos no están desarrollados por completo cuando llegan a los sitios de invernación. El incremento del peso magro posterior al otoño puede reflejar crecimiento de la masa corporal o del contenido de proteínas. El mayor contenido de masa magra es indicador de mayor madurez física (Dick y Pienkoswki, 1979; Davidson, 1981).

Durante noviembre el peso de los órganos disminuye (Figura 38), en enero se recupera el peso perdido y para marzo se incrementa drásticamente. El músculo esquelético se comporta de forma similar, esto indica que durante el invierno el músculo no es tan necesario como durante la migración y es en preparación para la migración que el músculo se hipertrofia para marzo. El peso del músculo influye grandemente sobre el peso de los órganos, tanto el peso húmedo de los órganos como el del músculo presentan la misma tendencia que el peso corporal.

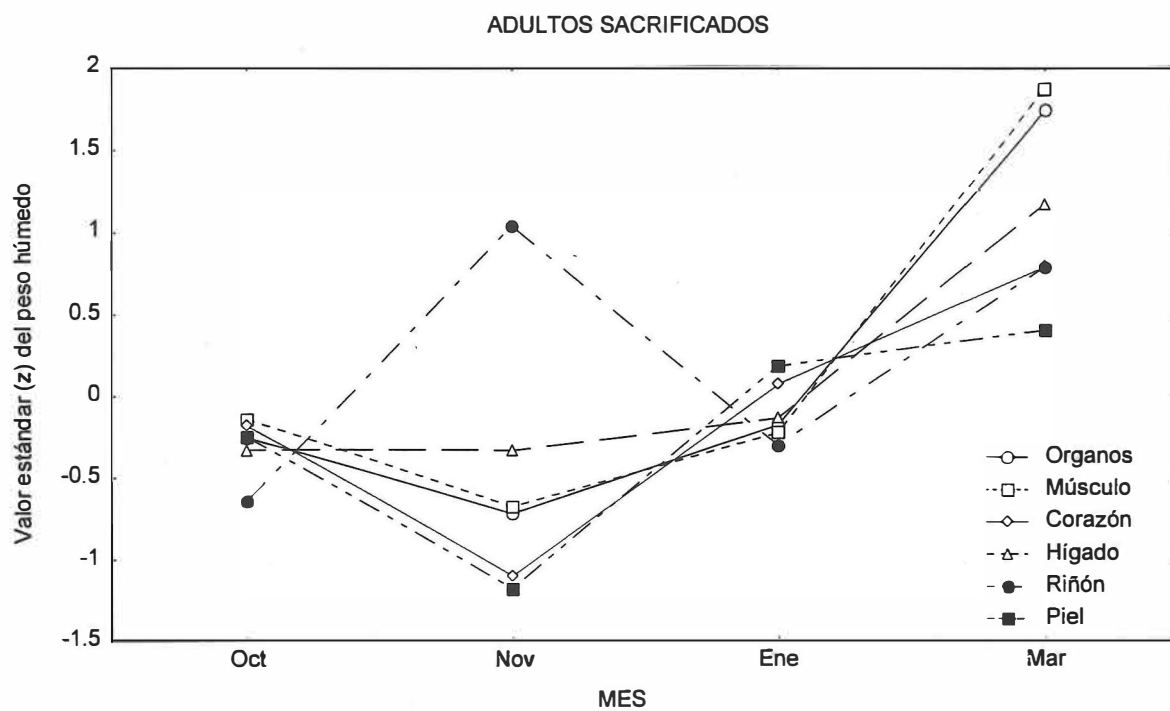


Figura 38.- Pesos húmedos de los órganos de adultos sacrificados; estandarizados con respecto a la media invernala.

Los subadultos presentaron la misma tendencia del peso corporal en el peso húmedo de los órganos, músculo y piel (Figura 39), esto refleja que el músculo (pectoral) y otros componentes corporales como la piel continúan el crecimiento durante el invierno.

El hígado, el corazón y el riñón de adultos (Figura 38) y subadultos (Figura 39) y la piel de los adultos se comportan de forma totalmente independiente de los cambios del peso total, por lo tanto no se pueden predecir sus cambios y composición a partir del peso total, lo que hace necesario continuar estudios sobre la fisiología de *Calidris mauri* para establecer el porque de esta independencia. Para los adultos (Figura 38) el corazón disminuye ligeramente su peso en noviembre y en enero lo incrementa de nuevo tal vez en respuesta a la necesidad de una mayor circulación de energía (principalmente grasas) para transportarla a otros órganos que la necesitan para prepararse para la migración (Wilson, 1979; Eckert y Randall, 1983). El hígado mantiene su peso durante el invierno y solo lo incrementa para marzo, esto refleja que la actividad energética ha disminuido y se incrementa de nuevo previo a la migración con la necesidad de formar depósitos de grasa e hipertrofiar el músculo pectoral (Dick y Pienkowski, 1979; Wilson, 1979; Eckert y Randall, 1983).

El riñón incrementa su peso en noviembre posiblemente como respuesta a la necesidad de una mayor función de excreción y filtración para deshacerse de los desechos como resultado de la disminución general de todas las funciones; lo

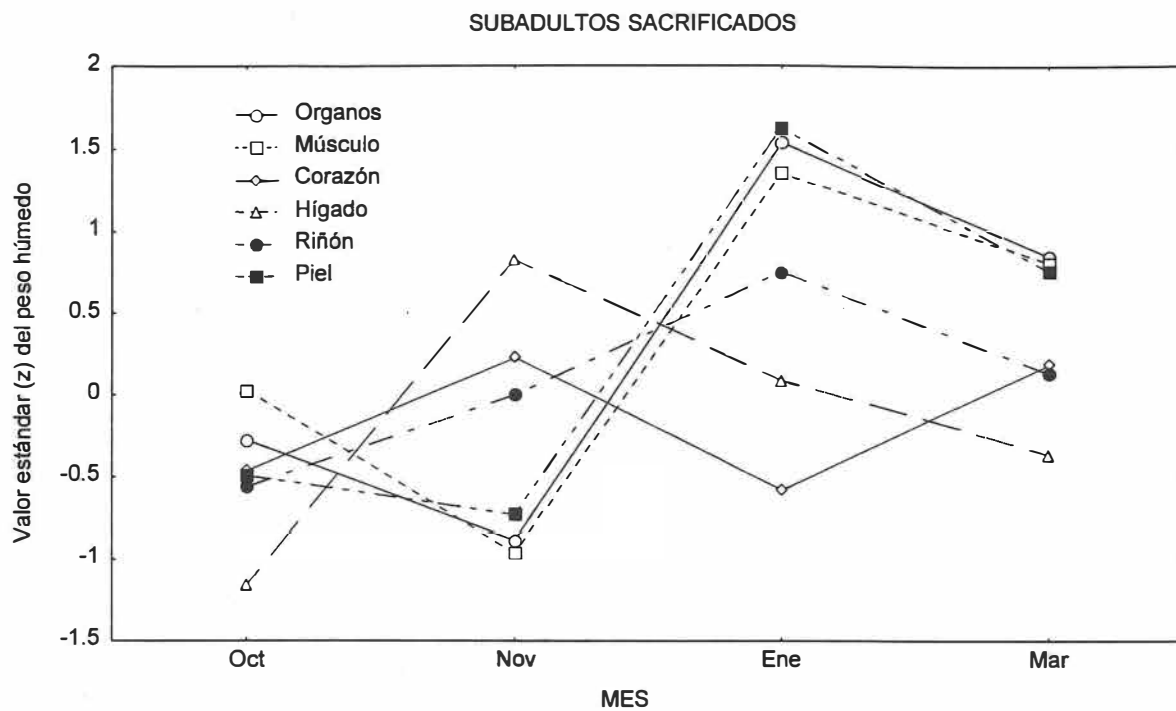


Figura 39.- Pesos húmedos de los órganos de subadultos sacrificados; estandarizados con respecto a la media invernol.

disminuye en enero y de nuevo lo incrementa en marzo al incrementarse de nuevo el metabolismo durante la premigración. Para los subadultos (Figura 39) el peso del corazón varía sin ningún patrón durante el invierno, tal vez varían el peso del corazón de acuerdo a las necesidades de la temporada. Para el mes de marzo el corazón aumenta de peso y por lo tanto la capacidad de trabajo del corazón como parte de la preparación para la migración, debido a la necesidad de una mayor circulación de energía (principalmente grasas) para transportarla a otros órganos que la necesitan para continuar el crecimiento y preparación para la migración (Wilson, 1979; Eckert y Randall, 1983). El hígado aumenta su peso durante noviembre y lo disminuye para enero y marzo. El riñón incrementa su peso en noviembre y enero como respuesta a la necesidad de una mayor función de excreción y filtración para deshacerse de los desechos como resultado de la disminución general de todas las funciones; y continua así para el pico que se presenta en enero (Dick y Pienkowski, 1979; Wilson, 1979; Eckert y Randall, 1983).

En los adultos (Figuras 40, 41 y 42), la proteína, grasa y humedad del músculo aumentaron a través del invierno, al igual que la proteína y la humedad del corazón y el presentó mayor contenido de proteína y menor contenido de grasa que el corazón subadulto (Figuras 43, 44 y 45). El riñón de los adultos presentó mayor contenido de proteínas y menor contenido de grasa que el riñón de los subadultos.

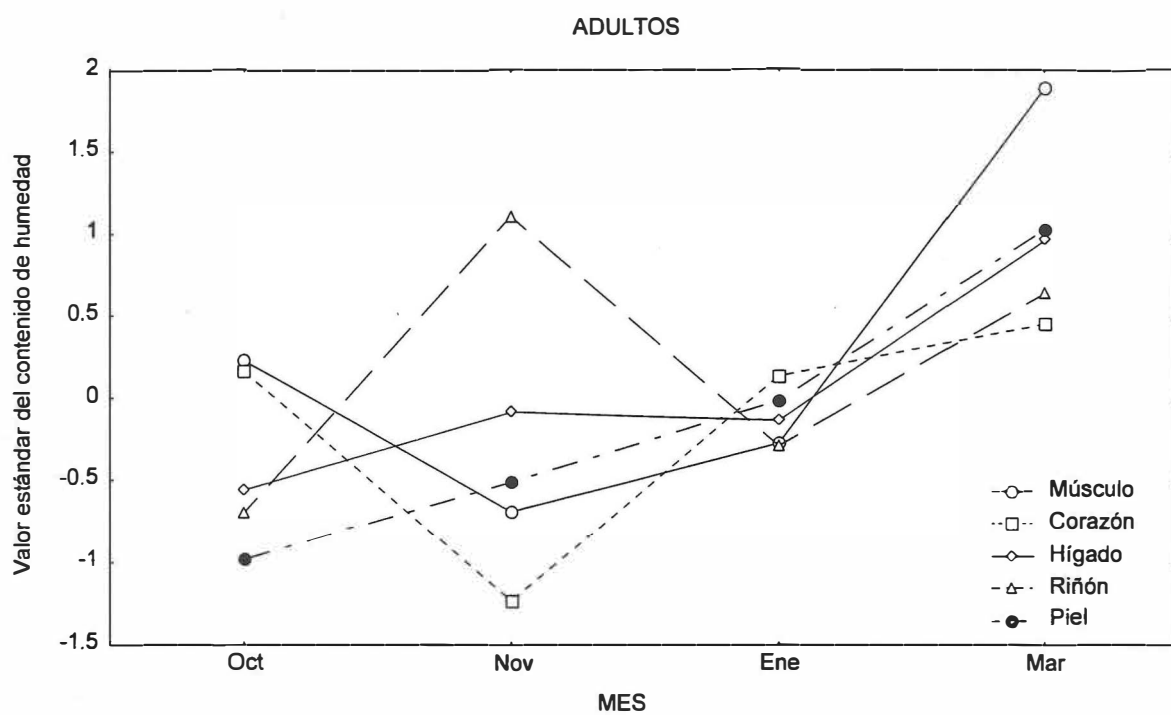


Figura 40.- Contenido total de humedad de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernol.

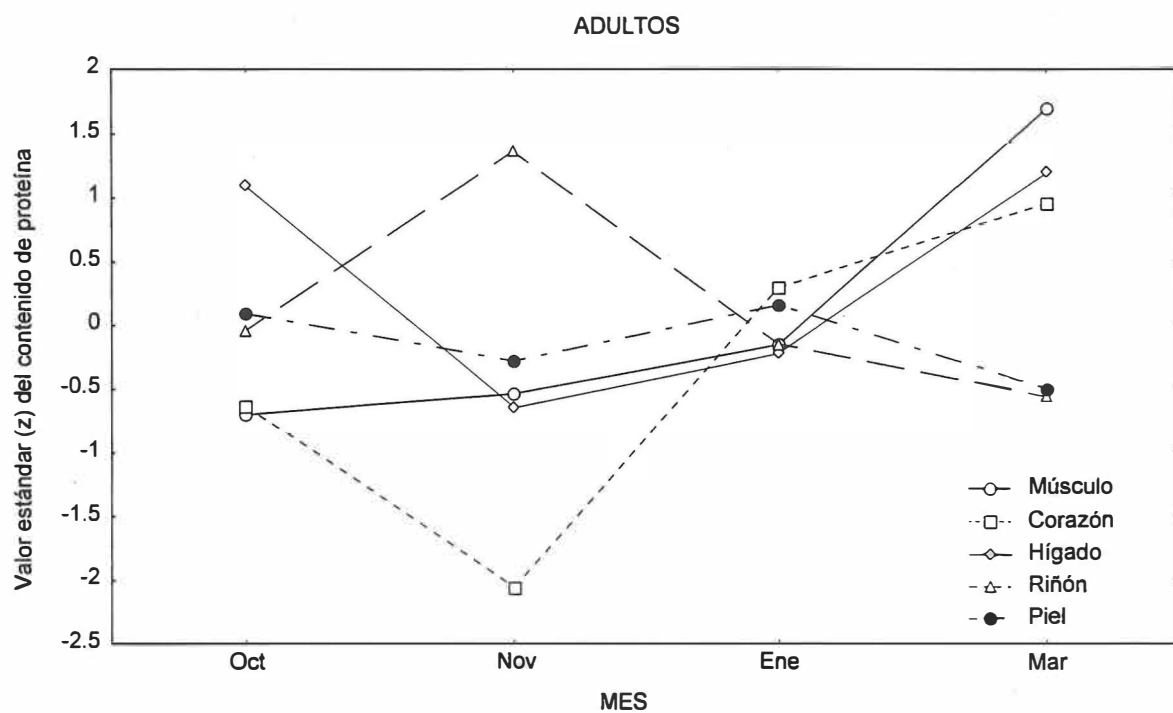


Figura 41.- Contenido total de proteína de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernala.

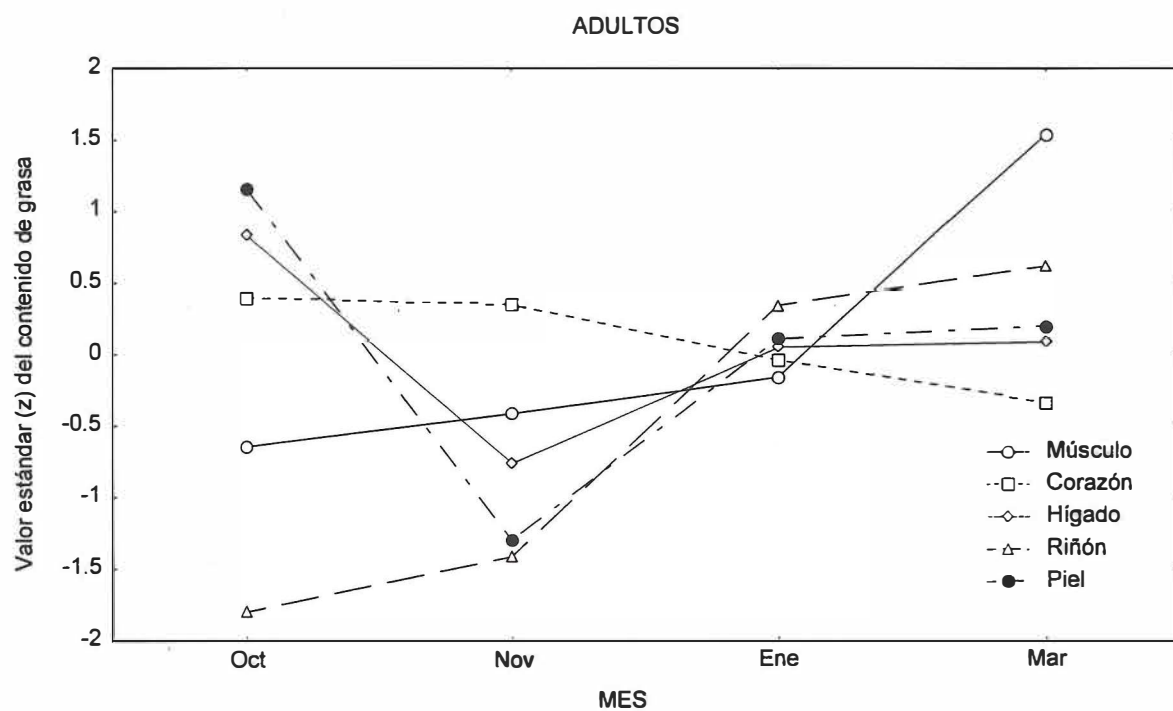


Figura 42.- Contenido total de grasa de los órganos de adultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernol.

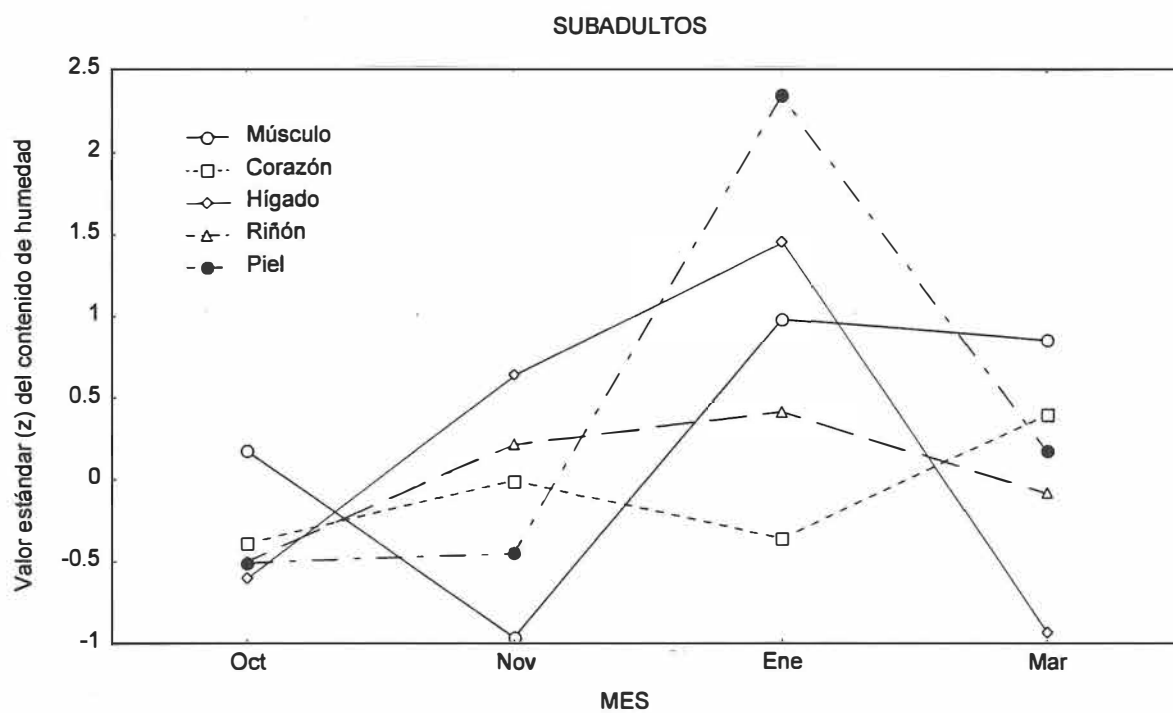


Figura 43.- Contenido total de humedad de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernal.

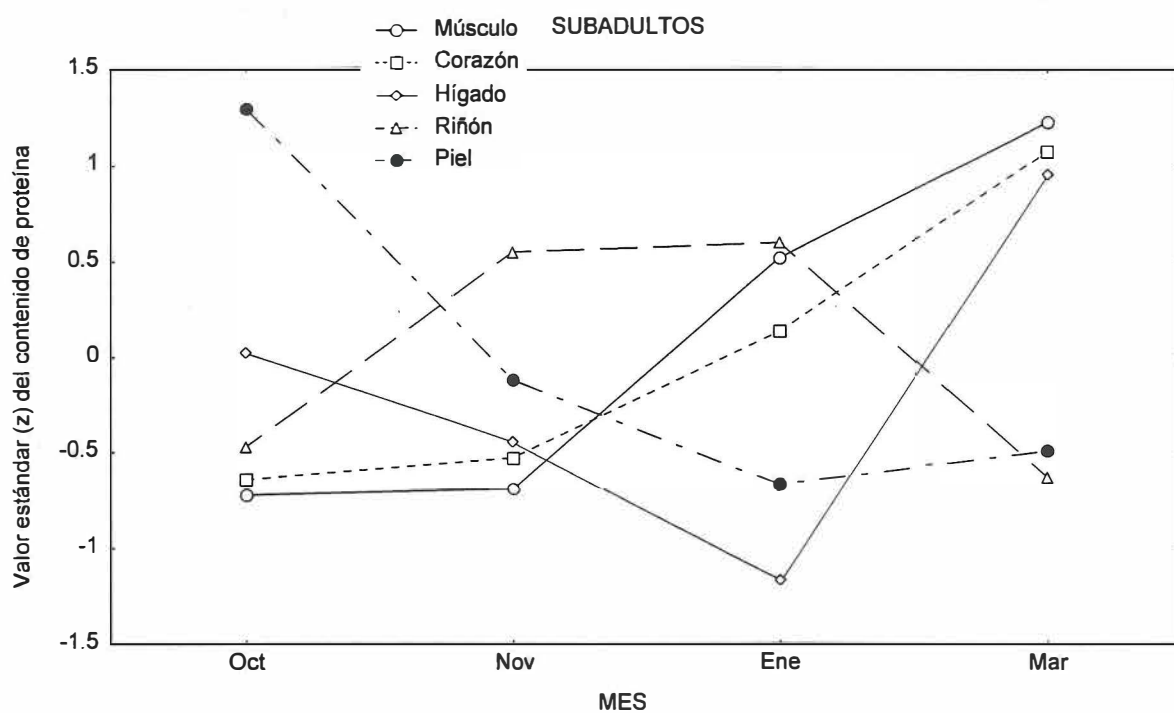


Figura 44.- Contenido total de proteína de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernol.

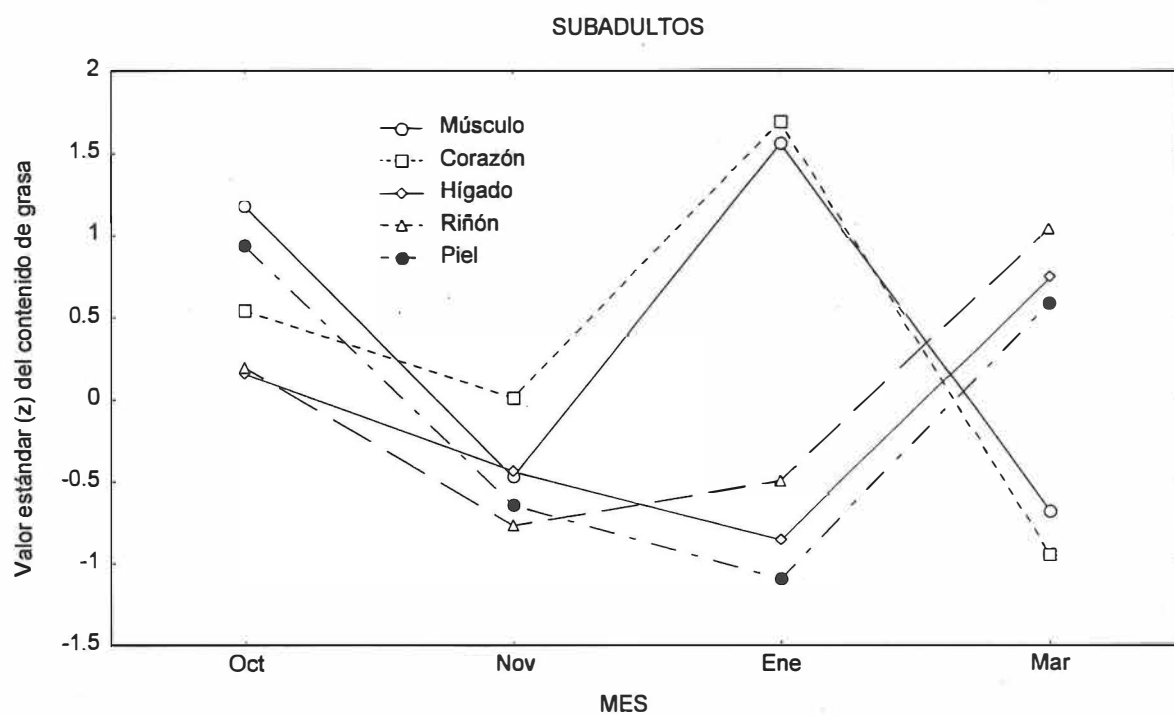


Figura 45.- Contenido total de grasa de los órganos de subadultos sacrificados, estandarizado con respecto a la media invernala.

En transcurso de la temporada hay un incremento gradual en el peso del músculo de los subadultos debido principalmente a un incremento en el contenido de proteínas, en los adultos se incrementa debido a grasa y proteína. El hígado aumentó su contenido de proteína total, el contenido de humedad y grasa variaron significativamente sin presentar un patrón claro tanto para los adultos como para los subadultos. La grasa del riñón aumentó con la temporada para las dos clases. La piel de adultos y subadultos aumentó su peso total a lo largo de la temporada, debido principalmente al incremento en el contenido de grasa. El hígado, los riñones y la piel tanto de machos adultos como de subadultos no presentaron cambios significativos a través del tiempo.

El corazón de los machos presentó una disminución de grasa y un aumento en proteína y humedad a través del tiempo. El peso húmedo del corazón no es buen indicador de lo que pasa dentro del mismo.

VI.3. MODELO

Una interpretación práctica del término condición corporal es considerarla como una medida de la cantidad de depósitos de energía por encima del peso magro mínimo para sobrevivir. Este nivel residual de la condición corporal se puede determinar con las dimensiones básicas estructurales (Wishart, 1979; en Piersma, 1983). Con el modelo realizado en este trabajo se trata de predecir de la manera mas exacta el peso de *Calidris mauri* a partir de medidas estructurales y

del peso total *in vivo*. Para el modelo utilizamos las medidas morfométricas para encontrar cual de las combinaciones de dichas medidas se correlacionaban mejor con el peso magro y la grasa total determinado en laboratorio ya que la variación del tamaño corporal en aves vivas se controla usualmente con análisis de la masa corporal mediante el uso de una o varias medidas morfométricas (Piersma y Davidson, 1991). Las medidas morfométricas se correlacionaron mejor con el peso magro cuando estaban en asociación con el peso total, esto coincide con lo encontrado por Conway *et al.*, (1994). La mejor aproximación para determinar el peso magro fue la relación existente entre el peso magro, el peso total y el largo del tarso (Ec. 5.1), pero se deben tener en cuenta las limitaciones debidas al tarso, ya que existe gran dispersión de los datos, sin embargo la regresión es significativa. En cuanto al predictor de grasa, si bien es significativo, encontramos que ninguna de las variables predice la grasa, por lo tanto este trabajo no proporciona un buen modelo para este fin (Ec. 5.2) pero dentro de las limitaciones de estos modelos son los mejores hasta el momento, ya que son un mejor acercamiento a los valores reales de peso magro, grasa y depósitos pues fueron determinados cuantitativamente dentro del laboratorio. Otra limitación de este modelo es ser unidimensional, al no tomar en cuenta alguna medida de volumen como la medición estándar del músculo pectoral (Evans y Smith, 1975). Si se incluyera alguna medición de este tipo tal vez se podría predecir el peso magro sin la necesidad de incluir el peso total en el modelo, al medir el peso magro

mínimo de acuerdo a al tamaño del esqueleto, por lo que ya quedaría corregido por tamaño del ave (Piersma, 1983). Al comparar el modelo Punta Banda con el modelo Boundary Bay (Butler, com. pers.), el intercepto esta mas cercano al cero para el modelo PB, por lo que al forzar al origen (ave sin medida pesa cero) explica menos de la varianza pero el error estándar es menor. El modelo BB subestima el peso magro y sobrestima el contenido de grasa y los depósitos. Esta diferencia puede deberse a que los métodos utilizados para determinar el peso magro son distintos, Butler (com. pers.), utilizó el método TOBEC que determina el peso magro *in vivo*. Otra razón para esta diferencia es que son modelos específicos, es decir, se determinaron para una muestra de la población de *C. mauri* en distintos momentos del ciclo anual, para Boundary Bay durante la migración de otoño en que las aves son mas pesadas que durante la invernación en Punta Banda.

VI.4. DETERMINACIÓN DE DISTANCIAS DE VUELO POSIBLES

Los depósitos con que cuenta *C. mauri* durante el invierno proporcionan la energía suficiente para realizar vuelos cortos, es decir, para movimientos locales o migrar distancias cortas en busca de lugares de repostamiento cercanos entre sí.

El rendimiento obtenido por medio de los tres modelos que se utilizaron vario grandemente debido a las variables que cada uno de ellos consideran. Los

modelos desarrollados por Summers y Waltner (1979) y Davidson (1984) estiman distancias de vuelo mayores que las encontradas por medio del modelo de Pennycuick (1989). Esto se debe principalmente a que los primeros únicamente consideran el gasto de energía que se pudiera dar debido a la distancia y velocidad sin considerar que las aves además de obtener energía de la grasa para volar cierta distancia tiene que enfrentarse contra otras fuerzas; como son la gravitacional que las atrae constantemente hacia tierra y las fuerzas de arrastre que resultan de la forma del cuerpo y alas. Los primeros dos modelos no consideran en ningún momento la forma de los cuerpos de las aves ni el tamaño de sus alas, por lo que el modelo de Pennycuick (1989) pudiera proveer datos mas realistas para determinar las distancias de vuelo.

Las distancias posibles para cada clase no varían entre sí, con excepción de las hembras subadultas, que son las que podrían volar una distancia mayor debido a sus depósitos y a su mayor tamaño de ala. Si las aves volaran esta distancia, llegarían a su destino sin depósitos. Es improbable que aves exitosas sufran el gasto total de sus depósitos durante el vuelo para llegar a sus destinos (Evans, 1976; Johnson *et al.*, 1989). Por lo que es probable que *C. mauri* maximize sus depósitos para evitar la necesidad de recurrir a sus reservas y poner en peligro su supervivencia. La cantidad de depósitos de grasa durante le invierno reflejan un intercambio entre el riesgo de inanición y el riesgo de la

depredación que disminuye entre más ligera este el ave (Evans, 1976; Dick y Pienkoswki; 1979).

Desde un punto de vista de conservación de hábitats y especies se debe determinar si existe la necesidad de proteger las áreas que utilizan las especies migratorias como paradas de repostamiento. La destrucción o transformación de estas áreas por cualquier tipo de actividad humana puede llevar a la extinción de más de una especie migratoria aunque las zonas de reproducción e invernación permanezcan intactas. Ya que las áreas de recarga tienen el objeto de proveer alimento seguro a lo largo de las rutas migratorias, se sugiere que los intervalos entre estas áreas no excedan de 1500 km. (Pennycuick, 1975). Yo considero que esto es adecuado para aves con grandes depósitos (mas del 30% del peso corporal magro), pero es un intervalo demasiado grande para aves con depósitos menores a ésto.

VII. CONCLUSIONES

La manipulación de la aves capturadas no tiene efecto sobre el peso total.

El peso corporal de *Calidris mauri* durante el invierno es menor que la media del peso corporal anual; el peso magro, la grasa total y el peso total presentan la misma tendencia. Para los adultos los pesos fueron menores durante el otoño y mayores en la primavera. Los subadultos presentaron un pico durante el mes de febrero.

La correlación entre el índice de grasa y el peso total fue pobre y solo fue significativa para los machos subadultos, las hembras adultas y para el total de individuos capturados por lo que el índice de grasa ofrece datos complementarios, pero por sí solo, no explica la condición corporal de *C. mauri*.

No existe correlación entre el índice de grasa y el peso total, el peso magro, la grasa total, la grasa total del músculo y la grasa total de la piel, si bien el índice de grasa aumenta conforme avanza la temporada.

El peso total de los órganos incrementa su peso conforme avanza el invierno, *C. mauri* sufre cambios internos independientemente de las variaciones del peso corporal, por lo que no se pueden predecir los cambios en los distintos órganos a partir del peso total, es necesario el sacrificio de las aves.

Para el desarrollo del modelo, el peso total y el largo del tarso fueron las variables que mejor se correlacionaron con el peso magro, explican el 96% y el

52% de la variación respectivamente, en conjunto explican el 90% de la varianza del peso magro.

El peso magro, la grasa total y los depósitos determinados con el modelo de Boundary Bay fueron significativamente diferentes de los datos obtenidos en el laboratorio, este modelo subestima el peso magro y sobrestima el contenido de grasa total.

Los depósitos de grasa de *C. mauri* durante su estancia en Punta Banda le proporcionan la energía suficiente para realizar movimientos locales en un radio que varía de acuerdo al modelo que se utilice, de 30 a 150 km.

VIII. RECOMENDACIONES

Continuar los estudios sobre la fisiología de *Calidris mauri* para entender las variables de condición corporal y el uso de los depósitos.

Se deben incluir aves del mes de diciembre para ver qué sucede internamente en esta época, que es cuando *C. mauri* presentó su peso corporal más bajo de todo el año.

La utilización con cautela del índice de grasa, ya que sólo da la existencia de grasa, mas no es indicador de la condición corporal de *C. mauri*.

Es necesario el sacrificio de aves, puesto que las mediciones de campo no responden a todas nuestras preguntas de la condición corporal *C. mauri*.

Explorar si los subadultos de *C. mauri* continúan en crecimiento durante su estancia en Punta Banda.

Seguir en la búsqueda de un mejor modelo para determinar el peso magro que incluya medidas tridimensionales, tales como el volumen del músculo pectoral o alguna otra, que se pueda aplicar posteriormente a *C. mauri* vivos.

Realizar estudios con radiotransmisores para continuar este estudio y determinar de forma acertada las distancias posibles de vuelo de *C. mauri* y sus movimientos durante la invernación.

IX. LITERATURA CITADA

- American Ornithologists' Union. 1983. "Check-list of North American Birds". 6th. edition. American Ornithologists' Union. Washington, D. C. 877 pp.
- Bligh, E. G. y W. J. Dyer. 1959. "A rapid method of total lipid extraction and purification". Can J. Biochem. Physiol. 37:911-917.
- Buenrostro, M. A. 1996. "Estructura de la población y uso de hábitat de *Calidris mauri* en la temporada invernal 1994-1995 en el estero Punta Banda, Ensenada, Baja California, México". Tesis de maestría. CICESE, Ensenada, México.
- Burton, P. J. K. 1973. "Non-passerine bird weights from Panama and Colombia". Bull. B. Ornitholo. Club 93:116-118.
- Butler, R. W., G. W. Kaiser y G. E. J. Smith. 1987. "Migration chronology, length of stay, sex ratio and weight of western sandpipers (*Calidris mauri*) on the south coast of British Columbia". J. Field Ornithol. 58:103-111.
- Butler, R. W. y R. W. Campbell. 1990. "The birds of the Fraser River delta: populations, ecology, and international significance". Can. Wildlife Serv. Ocass. Paper. 65:73p.
- Campbell, R. W., N. K. Dawe, I. McTaggart-Cowan, J. M. Cooper, G. W. Kaiser y M. C. E. McNall. 1990. "The birds of British Columbia. Vol. 2. Non-

passerines". Royal British Columbia Museum. 1st edition. Victoria. 180-183, 499.

Connors, P. G., J. P. Myers y F. A. Pitelka. 1979. "Seasonal habitat use by Arctic Alaskan shorebirds" En: Pitelka, F. A. (eds.). "Shorebirds in marine environments". Stud. Avian Biol. Vol. 2.

Conway, C. J., W. R. Eddleman y K. L. Simpson. 1994. "Evaluation of lipid indices of the wood thrush". Condor. 96:783-790.

Cramp, S. Y K. E. L. Simmons (eds.. 1983. "The birds of the Western Palearctic". Vol. 3. Oxford Univ. Press, Oxford, UK.

Davidson, N. C. 1981. "Survival of shorebirds (Charadrii) during severe weather: The role of nutritional reserves". En: Jones N. V. y M. J. Wolf (eds.). "Feeding and survival strategies of estuarine organisms". Plenum Press. 1st edition. New York. 231-249.

Davidson, N. C. 1984. "How valid are flight range estimates for waders?". Ringing & Migr. 5:49-64.

Dick, W. J. A. y M. W. Pienkowski. 1979. "Autumn and early winter weights in northwest Africa". Ornis Scand. 10:117-123.

Duffy, D. C., N. Atkins y D. C. Schneider. 1981. "Do shorebirds compete on their wintering grounds?". Auk. 98:215-229.

- Escofet, A., D. H. Loya-Salinas y J. Arredondo. 1988. "El estero de Punta Banda (B. C. México) como hábitat de la avifauna en 1984 y 1985". *Ciencias Marinas*. 14:73-100.
- Eckert, R. y D. Randall. 1983. "Animal physiology: Mechanisms and adaptations". W. H. Freedman & Co. 2nd edition. San Francisco. 830 pp.
- Evans, P. R. 1976. "Energy balance and optimal foraging strategies of shorebirds: some implications for their distributions and movements in the non-breeding season". *Ardea*. 64:116-139.
- Evans, P. R. y P. C. Smith. 1975. "Studies of shorebirds at Lindisfarne, Northlumberland. 2. Fat and pectoral muscle as indicators of body condition in the Bar-tailed Godwit". *Wildfowl*. 26:64-76.
- Gordon, M. S. 1982. "Fisiología animal: principios y adaptaciones". CECSA. Segunda edición. México.
- Goss-Custard, J. D. 1977. "The ecology of the Wash. III. Density related behavior and the possible effect of a loose of feeding grounds and wading birds (Charadrii)". *J. Appl. Ecol.* 14:721-739.
- Hairston, N. F., F. E. Smith y L. B. Slobodkin. 1960. "Community structure, population control and competition". *Amer. Naturalist*. 94:421-425.
- Hart, J. S., M. Berger. 1972. "Energetics, water economy and temperature regulation during flight". *Proc. Int. Orn. Congr.* XI. 90:137-149.

- Holmes, R. T. 1971. "Density, habitat and the mating system of the Western Sandpiper (*Calidris mauri*)". *Oecología* 7:191-208.
- Holmes, R. T. 1972. "Ecological factor influencing the breeding season schedule of Western Sandpiper (*Calidris mauri*) in subarctic Alaska" *Am. Midl. Nat.* 87:472-491.
- Holmes, R. T. 1973. "Social behavior of breeding Western Sandpiper (*Calidris mauri*)". *Ibis* 115:107-123.
- Howell, S. N. G. y S. Webb. En prensa. "A guide to the birds of Mexico and northern Central America". Oxford Univ. Press. Oxford, UK.
- Hughes, R. A. 1979. "Notes on Charadriiformes of the south coast of Peru". En: Pitelka, F. A. (eds.). "Shorebirds in marine environments". *Stud. Avian Biology*. Vol. 2.
- Ibarra-Obando, S. y A. Escofet. 1987. "Industrial development on the ecology of a Pacific Mexican Coastal Lagoon". *Environ. Cons.* 14:135-141.
- Instituto Nacional de Ecología, 1994. "Oficio No. AOO 700 (2).-00726". Manuscrito.
- Johnson, O. W., M. L. Morton, P. L., Bruner y P. M. Johnson. 1989. "Fat cyclicity, predicted migratory flight ranges and features of wintering behavior in Pacific golden Plovers". *Condor*. 91:156-187.

- Klaassen, M., M. Kersten y B. J. Ens. 1990. "Energetic requirements for maintenance and pre migratory body mass gain of waders wintering in Africa". *Ardea*. 78:209-220.
- King, J. R. y M. E. Murphy. 1985. "Periods of nutritional stress in the annual cycle of endotherms: fact or fiction?". *Am. Zool.* 25:955-964.
- Kushlan, J. A. 1977. "Population energetics of the American White Ibis". *Auk*. 94:114-122.
- Lank, D. 1983. "Migratory behavior of Semipalmated Sandpipers at inland and coastal staging areas". Unpubl. Ph.D. Thesis. Cornell Univ. Ithaca. New York.
- Lindström, Å. 1991. "Maximum fat deposition rates in migration birds". *Ornis Scandinavica*. 22:12-19.
- Lindström, Å. y T. Piersma. 1993. "Mass changes in migrating birds : the evidence for fat and protein storage re-examined". *Ibis*. 135:70-78.
- Lowry, O. H., N. J. Rosenbrought, A. L. Farr y R. J. Randall. 1951. "Protein measurement with the folin-phenol reagent". *J. Biol. Chem.* 193:265-275.
- Malara, G., R. Charra. 1972. "Dosage des protéines particulières selon la méthode de Lowry". Université de Paris. Station Zoologique. Villefranche-Sur-Mer. Notes de Travail. 5:11.
- Marqués de Cantú, M. A. 1981. "Probabilidad y estadística para Ciencias Químico-Biológicas". UNAM. Primera edición. México.

- McNeil, R. 1970. "Hivernage et estivage d'oiseaux aquatiques Nord-Américains dans le Nord-Est du Venezuela (mue, accumulation de graisse, capacité de vol et routes de migration)". *L'oiseau Rev. Fr. Ornithol.* 40:185-302.
- Mendenhall, W. 1983. "Introduction to probability and statistics". Duxbury Press. 6Th. edition. Boston, Massachusetts.
- Moreau, R. E. 1961. "Problems of Mediterranean-Saharan migration". *Ibis.* 130a:373-427, 580-623.
- Morrison, R. I. y R. K. Ross. 1989. "Atlas of Nearctic shorebirds on the coast of South America". Canadian Wild. Serv. Spec. Pub. 325 pp.
- Morrison, R. I.; R. K. Ross, J. Guzmán y A. Estrada. 1993. "Aerial surveys of Nearctic Shorebirds wintering in Mexico: preliminary results of surveys on the Gulf of Mexico and Caribbean Coast". *Canadian Wild. Serv. Prog.* 206:14.
- Odum, E. P., S. G. Marshall y T. G. Marples. 1965. "The caloric content of migrating birds". *Ecology.* 46:901-904.
- Page, G. W. y B. Fearis. 1971. "Sexing western sandpipers by bill length". *Bird Banding.* 4:82-88.
- Page, G. W., B. Fearis y R. M. Jurek. 1972. "Age and sex composition of Western Sandpipers at Bolinas Lagoon". *Calif. Bird.* 3:79-86.
- Palacios, E. y A. Escofet. 1990. "Notas sobre humedales de la península de Baja California". En Anónimo: "Taller de campo sobre ambientes acuáticos,

técnicas de estudio, captura, marcado y manejo de playeros migratorios".

Ensenada, B.C. pp. 3, 324-368.

Palacios, E., A. Escofet, H. Loya-Salinas. 1991. "El estero de Punta Banda, B. C., México como eslabón del Corredor del Pacífico, abundancia de aves playeras". *Ciencias Marinas*. 17:109-131.

Paz Vela, R. de la. 1978. "Hidrodinámica y dispersión de contaminantes en el estero de Punta Banda, B. C." Tesis de licenciatura UABC. Ensenada, México.

Pennycuik, C. J. 1975. 'Mechanics of flight'. En: Farner D. S. y J. R. King (eds.) "Avian Biology". Academic Press. 1St edition. New York. Vol. 5:1-75.

Pennycuik, C. J. 1989. "Bird flight performance: a practical calculation manual". Oxford University Press. 1St edition. New York. 153 pp.

Piersma, T. 1983. "Estimating energy reserves of Great Crested Grebes *Podiceps cristatus* on the basis of body dimensions". *Ardea*. 72:119-126.

Piersma, T. y N. C. Davidson. 1991. "Commentaries: confusions of mass and size". *The Auk*. 108:441-444.

Piersma, T. y J. Jukema. 1990. "Budgeting the flight of a long distance migrant: changes in nutrient reserve levels of bar-tailed godwits at successive spring staging sites". *Ardea*. 78:315-336.

Prater, A. J., J. H. Marchant y J. Vuorinen. 1977. "Guide to the identification and aging of holartic waders". British Trust for Ornithology, Field guide 17.

- Ramenofsky, M. 1990. "Fat storage and fat metabolism in relation to migration". En: Gwinner E.: "Bird migration". Berlín Heidelberg: Springer-Verlag. 215-231.
- Robbins, C. T. 1983. "Wildlife feeding and nutrition". Academic Press. 1St edition. New York.
- Sandoval, Y. Y. 1994. "Evaluación del valor nutritivo de *Calidris mauri* (playerito occidental)". Tesis de licenciatura. UIA. México.
- Senner, S. E., G. C. West y D. W. Norton. 1981. "The spring migration of Western Sandpipers and Dunlins in South Central Alaska: number, timing and sex ratios". J. Field Ornithol. 52:271-389.
- Senner, S. E., D. W. Norton y G. C. West . 1989. "Feeding ecology of Western Sandpipers, *Calidris mauri*, and Dunlins, *C. alpina*, during spring migration at Hartney Bay, Alaska: numbers, timing and sex ratios". J. Field Ornithol. 52:271-284.
- Spiegel, M. R. 1970. "Serie de compendios Schaum: Teoría y problemas de estadística". McGraw-Hill/Interamericana de México, S. A. De C. V. Primera edición. México.
- Summers, R. W. y M. Waltner. 1979. "Seasonal variations in the mass of waders in southern Africa, with special reference to migration". Ostrich. 50:21-37.
- Walsberg, G. E. 1983. "Avian ecological energetics". En: "Avian Biology". Academic Press Inc. 1St Edition. New York. Vol. 7:61-220.

- Warnock, N. 1994. "Biotic and abiotic factors affecting the distribution and abundance of a wintering population of Dunlin". Unpublished MSC. Thesis. California State University. Hayward, CA.
- Warnock, N. 1996. "Progress report on Western Sandpiper project Estero Punta Banda, Ensenada, México. October 1994 - February 1995". Manuscript.
- Wilson, J. A. 1979. "Principles of animal physiology". MacMillan Publishing Co. 2Nd edition. New York.
- Wilson, W. H. 1994. "Western Sandpiper (*Calidris mauri*)". En: Poole, A. Y F. Gill, (eds.). "The birds of North America: Life histories for the 21st Century". Philadelphia: The Academy of Natural Sciences; Washington, D. C.: The American Ornithologist' Union. Vol. 90:1-20
- Zar, J. H. 1984. "Biostatistical analysis". Prentice Hall, Inc. 2Nd edition. New Jersey.
- Zwarts, L., B. J. Ens, M. Kersten y T. Piersma. 1990. "Moult mass and flight range of waders ready to take off for long distance migrations". Ardea. Vol. 78:339-364.