



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias

Escuela de Biología Marina

**Profesor Patrocinante:**

Dr. Dirk Schories.

Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas.

Facultad de Ciencias – Universidad Austral de Chile

**Profesor Co-patrocinante:**

Dr. Luis M. Pardo.

Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas.

Facultad de Ciencias – Universidad Austral de Chile.

**Profesor Informante:**

Mg. Alejandro Bravo S.

Instituto de Ciencias Marinas y Limnológicas.

Facultad de Ciencias – Universidad Austral de Chile

**Distribución batimétrica y patrones de movimiento de las especies *Loxechinus albus* (Molina, 1782), *Arbacia dufresnei* (Blainville, 1825) y *Pseudechinus magellanicus* (Philippi, 1875), en el seno de Reloncaví, X Región, Chile**

Tesis de Grado presentada como parte de los requisitos para optar al grado de *Licenciado en Biología Marina* y Título Profesional de *Biólogo Marino*.

**JOSÉ LUIS KAPPES SILVA**

**VALDIVIA – CHILE**

**2013.**



# Índice

## Página

ÍNDICE DE FIGURAS	I
ÍNDICE DE TABLAS	II
ÍNDICE DE ANEXOS	III
<b>1. RESUMEN</b> .....	1
1.1 SUMMARY .....	2
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
2.1 Hipótesis de trabajo .....	6
2.2 Objetivos generales .....	7
2.3 Objetivos específicos.....	7
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	7
3.1 Áreas de estudio .....	7
3.2 Distribución y abundancia vertical de las especies <i>Loxechinus albus</i> , <i>Arbacia dufresnei</i> y <i>Pseudechinus magellanicus</i> .....	9
3.2.1 Muestreo a través de foto cuadrantes .....	9
3.3 Relación tamaño – peso seco .....	11
3.4 Actividad y movimiento de <i>L. albus</i> , <i>A. dufresnei</i> y <i>P. magellanicus</i> .....	12
3.4.1 Grabaciones con lapso de tiempo .....	12
3.5 Análisis de foto cuadrantes y videos con lapso de tiempo .....	13
3.5.1 Foto cuadrantes .....	13
3.5.2 Videos con lapso de tiempo .....	14
3.5.3 Calculo Ángulos de Giro.....	14
3.6 Análisis de estadística .....	16

<b>4. RESULTADOS</b> .....	17
4.1 Distribución y abundancia vertical de <i>L. albus</i> , <i>A. dufresnei</i> y <i>P. magellanicus</i> .....	17
4.2 Distribución vertical de tamaños .....	22
4.3 Tamaño – Peso seco .....	26
4.4 Análisis de movimiento .....	28
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>36</b>
<b>6. CONCLUSIÓN</b> .....	<b>42</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>44</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>47</b>

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Chile, donde se encuentra señalado el Seno de Reloncaví y dentro de este se muestra Caleta Yerbas Buenas.....	8
Figura 2: Las 3 especies de erizo de mar con que se trabajo A) <i>Arbacia dufresnei</i> , B) <i>Loxechinus albus</i> , C) <i>Pseudechinus magellanicus</i> .....	9
Figura 3: Imágenes de los foto cuadrantes, a) Foto cuadrante de sustrato arenoso y b) Foto cuadrante de sustrato rocoso.....	10
Figura 4: Bandeja para secar los erizos y balanza digital, utilizados para el análisis de diámetro – peso seco.....	11
Figura 5: Software ImageJ, con la herramienta “Manual Traking”, en la tabla, se observan las coordenadas en donde se encuentra el individuo dentro de la foto.....	15
Figura 6: Resultado del software ImageJ, con la herramienta “Manual tracking”. Las líneas de diferentes colores, corresponden a diferentes movimientos que realizaron erizos analizados en un tiempo de 41 minutos.....	15
Figura 7: Diferencia de abundancias por m <sup>2</sup> de <i>L. albus</i> en diferentes Fechas, presentando las abundancias en los sustratos de Arena y Roca.....	18
Figura 8: Abundancia por m <sup>2</sup> de <i>A. dufresnei</i> en diferentes Fechas, presentando sus diferentes abundancias en los sustratos de Arena y Roca. A) profundidad 10 m, B) profundidad 20 m y C) profundidad 40 m.....	19
Figura 9: Abundancia por m <sup>2</sup> de <i>P. magellanicus</i> en diferentes Fechas, presentando sus diferentes abundancias en los sustratos de Arena y Roca. A) profundidad 10 m, B) profundidad 20 m y C) profundidad 40 m.....	21
Figura 10: Tamaños del diámetro de <i>L. albus</i> a 10 m, representa las diferencias entre sustratos.....	22
Figura 11: Distribución de tamaño del diámetro de <i>A. dufresnei</i> , en diferentes sustratos y profundidades: A) 10 m, B) 20 m y C) 40 m.....	23
Figura 12: Distribución de tamaño del diámetro de <i>P. magellanicus</i> , en diferentes sustratos y profundidades: A) 10 m, B) 20 m y C) 40 m.....	25
Figura 13: Correlación entre tamaño del diámetro y el peso seco. A) <i>L. albus</i> , B) <i>A. dufresnei</i> y C) <i>P. magellanicus</i> .....	27
Figura 14: Porcentaje de individuos de <i>L. albus</i> que se desplazaron y la distancia recorrida en 1 hora.....	28
Figura 15: Porcentaje de individuos de <i>P. magellanicus</i> que se desplazaron y la distancia recorrida en el transcurso de 1 hora.....	29

Figura 16: Porcentaje de individuos de <i>A. dufresnei</i> que se desplazaron y la distancia recorrida en el transcurso de 1 hora.....	30
Figura 17: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie <i>L. albus</i> (Primera columna indica ausencia de movimientos).....	32
Figura 18: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °.....	32
Figura 19: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie <i>P. magellanicus</i> .....	33
Figura 20: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °.....	34
Figura 21: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie <i>A. dufresnei</i> .....	35
Figura 22: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °.....	35

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Foto cuadrantes tomados por transecto a las diferentes profundidades (en metros), en los diferentes sustratos (arenoso y rocoso).....	10
Tabla 2: Se presenta el número de video, con sus respectivos tiempos de filmación en minutos, las especies presentes y la cantidad de individuos en cada video.....	13
Tabla 3: Análisis estadístico utilizado según metodología realizada.....	17
Tabla 4: Tabla comparativa de las especies <i>L. albus</i> , <i>A. dufresnei</i> y <i>P. magellanicus</i> ....	26

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Fotocuadrantes de abundancia media de <i>L. albus</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas en diferentes sustratos.....	47
Anexo 2: Fotocuadrantes de abundancia media de <i>A. dufresnei</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.....	47
Anexo 3: Fotocuadrantes de abundancia media de <i>P. magellanicus</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.....	48
Anexo 4: Fotocuadrantes de tamaño media de <i>A. dufresnei</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.....	48
Anexo 5: Fotocuadrantes de tamaño media de <i>P. magellanicus</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades.....	49
Anexo 6: Fotocuadrantes de Fechas media de <i>P. magellanicus</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Dunn's, para detectar diferencias significativas entre distintas fechas.....	49
Anexo 7: Fotocuadrantes de Fechas media de <i>A. dufresnei</i> en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Dunn's, para detectar diferencias significativas entre distintas fechas.....	49

## 1. RESUMEN

Los equinoideos han sido reconocidos como uno de los organismos más importantes dentro de las comunidades bentónicas, en especial en las regiones templadas donde han sido descritos por su capacidad de formar frentes de forrajeo sobre bosques de macroalgas. Los erizos de mar *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus albus*, se encuentran presentes en la zona del Seno de Reloncaví, Chile. Estas especies han sido poco estudiadas a salvo del erizo *L. albus*, es cual por ser un producto comercialmente importante ha recibido más atención. Sin embargo los estudios sobre este erizo, se limitan principalmente al desarrollo larval y alimentación. Otros trabajos sobre estos equinoideos han discutido sobre la distribución y comportamiento sobre bosques de macroalgas en tierra del Fuego, Chile. Este trabajo está enfocado en la estructura comunitaria (distribución y abundancia) y patrones de movimiento de las tres especies de equinoideos. La distribución batimétrica de *L. albus*, comprendió la profundidad de los 10 mts sobre sustrato rocoso, presentando una abundancia de 33,3 ind/m<sup>2</sup>. *A. dufresnei* presentaba su mayor abundancia a la profundidad de 10 mts, con un total de 291,6 ind/m<sup>2</sup>, esta abundancia se dio sobre sustrato de arena, aun que el sustrato principal de esta especie sea el rocoso. *P. magellanicus* presento una distribución en forma de parches, a los 20mts presenta su abundancia máxima de 1933,33 ind/m<sup>2</sup>, esta especie prefiere los sustratos arenosos. Los análisis de movimiento arrojaron que estas especies son más activas de lo que se esperaba, llegando a moverse 60.6 cm h<sup>-1</sup> en el caso de *L. albus*, 59,57 cm h<sup>-1</sup> *A. dufresnei* y 28,1 cm h<sup>-1</sup> *P. magellanicus*. El erizo más activo con solo 2,2% no se movió en una hora fue *P. magellanicus*, el menos activo fue *L. albus* donde un 27% de se mantiene quieto. Este trabajo pretende aportar con conocimiento nuevo y más acabado de estas especies.

## 1.1 SUMMARY

The echinoids has been recognized as one of the most important organism on benthonic communities, in especial on templates regions where have been described for their capacity to form gracing fronts on macroalgae forest. The sea urchins *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus albus*, are found in the area of the Seno de Reloncaví, Chile. This species has few studies except from the sea urchin *L. albus*, which because of being an important commercial product has received more attention. Needier less the studies about this urchin are limited principally to larval develop and feeding. Others studies about these echinoids has described the distribution and behavior over macroalgae forest in Tierra del Fuego, Chile. This study is focused in the communitarian structure (distribution and abundance) and movement patterns of this three species of echinoids. The batimetric distribution of *L. albus*, comprehends depth at 10 mts over rocky substrate, the abundance of 33.3 ind/m<sup>2</sup>. *A. dufresnei* present his mayor abundance at depth of 10 mts, with a total of 291.6 ind/m<sup>2</sup>, this abundance happened on sandy substrate, even if the principal substrate of this species is rock. *P. magellanicus* presented a distribution in patches, at 20 mts its presents the maximum abundance of 1933.33 ind/m<sup>2</sup>, this specie prefers sandy substrate. The movement analysis presented that these species are more active than thought, they can move 60.6 cm h<sup>-1</sup> in the case of *L. albus*, 59.57 cm h<sup>-1</sup> *A. dufresnei* and 28.1 cm h<sup>-1</sup> *P. magellanicus*. The most active urchin is *P. magellanicus* witch in one hour only the 2.2% stay with ought moving, the less active is *L. albus* where the 27% stay with ought moving. This study pretends to offer new and neat knowledge for these species.

## 2. INTRODUCCIÓN

La distribución de invertebrados marinos bentónicos en una localidad, es de vital importancia para poder entender los aspectos ecológicos e interacciones que se pueden desarrollar, esta se puede ver influenciada tanto por factores bióticos y abióticos. De igual forma, la distribución puede estar determinada por la capacidad de supervivencia de las larvas, juveniles y adultos, además de factores como la competencia, depredación y las tasas de movimiento. Este último punto es de vital importancia en los individuos post asentados, ya que puede evitar la competencia por espacio, alimento y depredación, de esta manera encontrar condiciones ambientales favorables (**Meadows *et al.*, 1972**). Los patrones de movimientos son un factor importante en determinar la distribución y el tamaño de la estructura poblacional de una especie (**Palmer *et al.*, 1996**).

En las comunidades bentónicas los equinoideos poseen una gran importancia ecológica, ya que son capaces de controlar la abundancia de algas y transformar grandes bosques de estas en zonas áridas y estériles, de esta manera influyen en la diversidad de especies bentónicas que viven asociadas a los bosques de macroalgas (**Dumont 2004, Guidetti 2004, Jones & Kain 1967, Mann 1977, Vásquez *et al.*, 1984, Vásquez & Buschmann 1997**).

Los equinoideos han sido ampliamente estudiados principalmente por su valor económico, ya que estos son recolectados para el consumo humano. Es por esto que varios estudios se han enfocado sobre la pesca de estos invertebrados marinos (**Ásbjörnsson 2011, Gillespie & McClintock 2007, Kirby *et al.*, 2006, Williams 2002**).

Tomando en cuenta la importancia de los equinoideos para las comunidades bentónicas, pocos estudios se han realizado en Chile sobre su distribución y comportamiento. Principalmente los estudios realizados, han sido sobre el erizo *Loxechinus albus*, el cual es de gran importancia económica, los estudios se acotan al ciclo reproductivo (**Zamora & Stotz 1992, Gutiérrez & Otsu 1975**) y desarrollo larval (**Arrau 1958, Cárcamo et al., 2005, Kino & Agatsuma 2007, Molinet et al., 2010**). Otros estudios realizados en Chile, presentan la importancia ecológica de diferentes equinoideos al observar su influencia sobre bosques de macroalgas y su efecto sobre estas (**Vásquez et al., 1984, Vásquez & Buschmann 1997, Villegas et al., 2008**). Este tipo de interacciones, se han observado con una mayor frecuencia en el hemisferio norte, con estudios basados principalmente sobre el erizo de mar *Strongylocentrotus droebachiensis*, sobre el cual se ha descrito que esta especie es capaz de transformar grandes bosques de macroalgas en zonas áridas, dominadas principalmente por algas coralinas (**Dumont 2004, Lauzon-Guay & Scheibling 2007, Mann 1977**). Otras formas de bioperturbación han sido registradas para diferentes especies de erizos, como lo es el caso del erizo *Echinus esculentus* en Alemania, el cual es capaz de desgastar la roca al forrajear para poder llegar a obtener su alimento que son poliquetos, los cuales se encuentran de 0,5 a 1,2 cm dentro de la roca (**Krumbein & Van Der Pers 1974**), también el ejemplo del erizo *Abatus ingens* en la Antártica, el cual es capaz de hacer surcos moviendo el sedimento con sus espinas y dientes (**Thompson & Riddle 2005**)

La distribución de los erizos por tamaño, varía mucho con el hábitat, los juveniles que parten siendo muy abundantes en ambientes bentónicos poco habitados (zonas áridas), se encuentran a bajas densidades en ambientes con una gran abundancia de algas

(Bosques)(**Dumont 2004**). Los individuos juveniles en ambientes poco habitados tienden a evitar a los depredadores escondiéndose bajo rocas. Sin embargo este comportamiento cambia cuando estos erizos son individuos adultos ya que salen de sus escondites a forrajear sobre superficies abiertas (**Himmelman 1986**). Muchos estudios sugieren que los erizos adultos se mueven desde las zonas áridas, hacia aguas más someras, donde se encuentran los cinturones de macroalgas (**Vásquez et al. 1984, Vásquez & Buschmann 1997, Dumont 2004**). Conocer el área de desplazamiento de los equinoideos permite conocer el potencial para poder llegar a lugares y obtener su alimento, de acuerdo a Garnick (1978), los adultos del erizo *Strongylocentrotus droebachiensis*, comúnmente forman agregaciones y pueden desplazarse hasta 3 m diarios. Las tasas y patrones de movimiento pueden variar marcadamente de acuerdo al tamaño del individuo, sin embargo en los equinoideos se han realizado estudios de movimiento, pero estos se han limitado a los individuos grandes o adultos (**Mattison et al., 1977, Tuya 2004**), esto se debe a que el marcaje de los erizos es muy complicado y en los casos en que se logró marcar exitosamente, el individuo resultó ser un adulto (**Mattison et al., 1977, Tuya 2004**). Uno de los métodos menos invasivos, es la utilización de cámaras, las cuales pueden registrar el movimiento in situ de un individuo sin producir alteración alguna en su comportamiento. Con las cámaras, se puede registrar un “time lapse”, lo que permite, no solo conocer el desplazamiento de un individuo, sino que también todo el recorrido y la actividad que este realiza en un tiempo determinado (**Lauzon-Guay et al., 2006, Lauzon-Guay & Scheibling 2007, Thompson & Riddle 2005, Miyamoto & Kohshima 2006**).

Aquí se sugiere el uso de video grabaciones como método de seguimiento, es una alternativa al marcaje y sin manipular a los organismos. En este estudio se realizarán

grabaciones con lapso de tiempo para poder hacer seguimientos individuales de *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus*, así determinar tasas y patrones de movimiento en estos equinoideos en cortos periodos de tiempo.

Este estudio tiene como objetivo, describir la distribución batimétrica de los erizos marinos de *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus*, en el Seno del Reloncaví, Región de Los Lagos, Chile. Para esto se estimará la estructura comunitaria (distribución, abundancia). Además se estimaran las tasas de movimiento de estas especies en periodos cortos de tiempo (<6 horas).

## **2.1 HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La distribución y abundancia de las especies *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus*, presenta variaciones batimétricas y entre sustratos arenosos y rocosos. Los patrones de movimiento son únicos de cada especie, diferenciándose unas de las otras.

## 2.2 OBJETIVOS GENERALES

- Describir la distribución y tasas de movimiento de las especies de erizos marinos *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus* en la zona austral de Chile

## 2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la abundancia y distribución batimétrica de las especies *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus* en la zona austral de Chile.
- Determinar preferencia de sustrato de las especies *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus* en la zona Austral de Chile.
- Determinar tasas de movimiento, velocidad y desplazamiento de los erizos *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus* en la zona Austral de Chile.

## 3. MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Áreas de estudio

El estudio fue realizado al Sur de Chile, en la Región de los Lagos, en Caleta Yervas Buenas (41°40'23'' S, 72°39'26'' W) (**Figura 1**). Estos lugares, se encuentran a 35 kilómetros al Sur de Puerto Montt, en dirección al Seno de Reloncaví. Esta zona, presenta una precipitación media anual de 2.342mm, teniendo un máximo en el mes de **junio (Di Castri & Hajek, 1976)**. La media de temperatura del aire en verano es de 15,1 °C, mientras que en invierno la media baja a 7,7 °C (**Di Castri & Hajek, 1976**). La

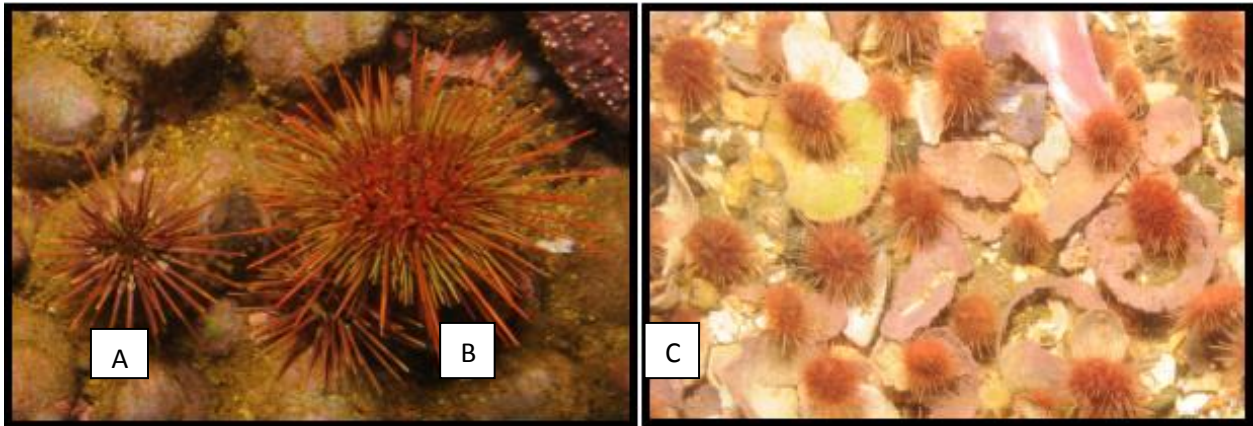
temperatura de la columna de agua a 20 m de profundidad, tiende a variar entre los 10 °C y 11 °C. La temperatura fue medida a través de un datalogger, adherido a un ladrillo de cemento, ubicado a 20 m. Estos sitios de muestreo se encuentran bajo la influencia de la explotación por parte de la pesca artesanal, donde estos extraen mariscos (choritos, cholgas, entre otros) para la venta, consumo o carnada.



**Figura 1: Mapa de Chile, donde se encuentra señalado el Seno de Reloncaví y dentro de este se muestra Caleta Yervas Buenas.**

La bahía Caleta Yerba Buena presenta en la zona intermareal, un área con abundantes bolones de piedra y una fina franja de algas (*Macrocystis pyrifera*). En sus extremos, se observan paredes rocosas, las cuales llegan a profundidades mayores a los 40 m. En la zona submareal, al centro de la bahía se encuentra un área arenosa, esta área al

acercarse a las paredes rocosas se ve cubierta por una capa de conchuelas. En esta bahía, se encuentran presentes las especies de erizos *Pseudechinus magellanicus* (Philippi, 1875), *Loxechinus albus* (Molina, 1782) y *Arbacia dufresnei* (Blainvillo, 1825), las cuales se observan sobre los sustratos antes descritos (**Figura 2**).



**Figura 2:** Las 3 especies de erizo de mar con que se trabajó A) *Arbacia dufresnei*, B) *Loxechinus albus*, C) *Pseudechinus magellanicus*.

### 3.2 Distribución y abundancia vertical de las especies *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus*.

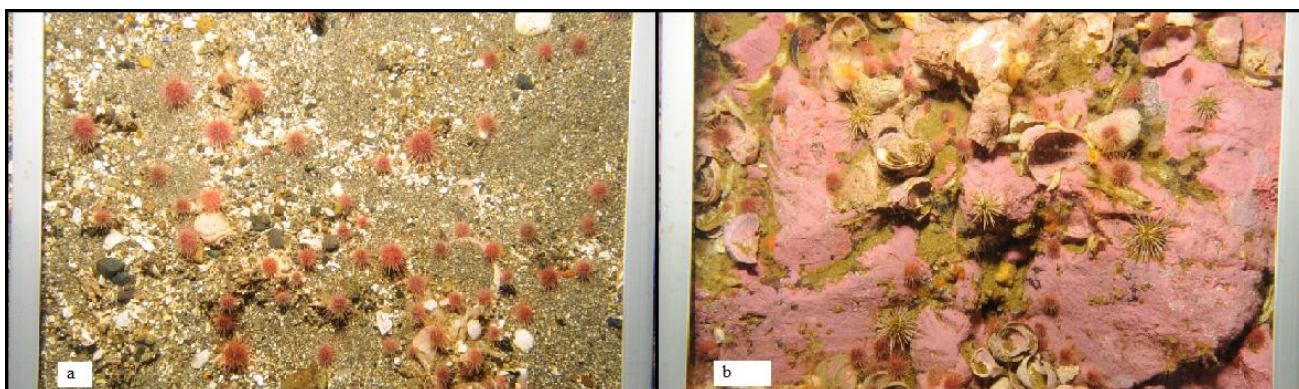
#### 3.2.1 Muestreo a través de foto cuadrantes

Mediante el Buceo SCUBA, se determinó la abundancia de las especies *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus*. Se realizaron 4 salidas a terreno, noviembre de 2009, enero 2010, marzo 2010 y julio 2010, para analizar la distribución temporal de las tres especies, a través de foto cuadrantes tomados a diferentes profundidades 10 m, 20m y 40 m. Estos foto cuadrantes se realizaron sobre diferentes sustratos, arenoso (conchuelas) y rocoso. Las fotos de los cuadrantes, fueron tomadas con una cámara NIKON D70s, a la cual de le adhiere un

cuadrante de 30 x 40 cm. Cuando el clima lo permitió, en cada muestreo se toman 10 fotocuadrantes (**Figura 3**) en la zona arenosa y 10 en la zona rocosa para cada profundidad (10 m, 20 m y 40 m) (**Tabla 1**). Estos fotocuadrantes fueron realizados en la parte este de la bahía.

**Tabla 1: Foto cuadrantes tomados por transecto a las diferentes profundidades (en metros), en los diferentes sustratos (arenoso y rocoso).**

Transecto	Profundidad	Arena	Roca
30.11.2009	10	10 Fotos	10 Fotos
	20	10 Fotos	10 Fotos
	40	10 Fotos	10 Fotos
18.01.2010	10	6 Fotos	4 Fotos
	20	10 Fotos	4 Fotos
	40	10 Fotos	10 Fotos
29.03.2010	10	7 Fotos	7 Fotos
	20	7 fotos	7 Fotos
	40	9 Fotos	6 Fotos
11.07.2010	10	10 Fotos	10 Fotos
	20	10 Fotos	10 Fotos
	40		8 Fotos



**Figura 3: Imágenes de los foto cuadrantes, a) Foto cuadrante de sustrato arenoso y b) Foto cuadrante de sustrato rocoso**

### 3.3 Relación tamaño – peso seco

Mediante Buceo SCUBA, se recolectaron 200 individuos de cada especie, a una profundidad entre 7 m y 12 m. Estos fueron llevados al laboratorio y puestos a secar en una estufa (Estufa de secado BINDER ED 115) a 65 °C por 24 hrs para poder obtener el peso seco de los individuos. Una vez secos, se pesaron en una balanza electrónica Arquimed XE-510 con un error de 0,01g. Para medir el diámetro de los erizos, se utilizo un Pie de metro de aluminio y las espinas de los erizos no fueron removidas (**Figura 4**). Esto se realiza con el fin de poder observar el grado de correlación entre el tamaño y el peso seco de los individuos, de esta manera, se puede estimar cuanto pesarían los individuos que son filmados o fotografiados. Para poder identificar el grado de correlación se utilizo el Coeficiente de correlación de Pearson, el cual es significativo cuando se presenta un valor de R cercano a 1 y con un P valor < 0.05.



**Figura 4:** Bandeja para secar los erizos y balanza digital, utilizados para el análisis de diámetro – peso seco.

### 3.4 Actividad y movimiento de *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus*.

#### 3.4.1 Grabaciones con lapso de tiempo

El marcaje de los equinoideos es muy complejo, es por esto que se optó por la filmación, ya que de esta manera no solo se puede detectar el desplazamiento total del animal, sino que además su recorrido y comportamiento, además de presentar una solución no invasiva ni limitante bajo ninguna circunstancia. Para esto se ubicó una cámara de video Sony TVR 900 (resolución 720x576 píxeles) sobre un trípode, esta fue llevada mediante buzos SCUBA a 10 m de profundidad, donde se colocó frente a una pared rocosa con presencia de alguna de las especies deseada (*L. albus* o *A. dufresnei*), el caso de *P. magellanicus*, la cámara tuvo que ser colocada en el área arenosa, perpendicular al fondo para poder obtener las filmaciones. Frente a la cámara se colocó sobre la roca una metra de 50 cm, la cual tiene 2 subdivisiones de 10 cm. La importancia de esta, es que da un punto de referencia para poder medir los erizos en las fotos obtenidas. Esta metra solo se deja unos minutos frente a la cámara y luego es retirada del lugar para que no perturbe el libre movimiento de los erizos.

La cámara fue programada para grabar en intervalos de 60 seg y filmar 1 seg, se escogió este intervalo de tiempo, para poder reconocer cada movimiento de los individuos. Se filmaron 10 videos cuyas duraciones se encuentran en la **Tabla 2**, las variaciones en el tiempo de las filmaciones, es debido al uso de diferentes baterías para la cámara filmadora y al manejo de la cámara.

**Tabla 2: Se presenta el número de video, con sus respectivos tiempos de filmación en minutos, las especies presentes y la cantidad de individuos en cada video.**

Video	Duración (minutos)	Especie (presente en el video)	Nº individuos	Sustrato
1	61	<i>P. magellanicus</i>	45	Arena
2	16	<i>L. albus</i>	6	Roca
		<i>A. dufresnei</i>	2	
3	41	<i>L. albus</i>	18	Roca
4	38	<i>L. albus</i>	21	Roca
5	27	<i>L. albus</i>	36	Roca
		<i>A. dufresnei</i>	1	
6	36	<i>L. albus</i>	22	Roca
		<i>A. dufresnei</i>	8	
7	160	<i>L. albus</i>	22	Roca
8	27	<i>L. albus</i>	38	Roca
9	133	<i>L. albus</i>	24	Roca
10	98	<i>L. albus</i>	21	Roca
11	97	<i>A. dufresnei</i>	6	Roca
12	170	<i>A. dufresnei</i>	3	Roca
13	299	<i>A. dufresnei</i>	5	Roca

### 3.5 Análisis de foto cuadrantes y videos con lapso de tiempo

#### 3.5.1 Foto cuadrantes

Las imágenes que se obtuvieron de los fotocuantros fueron analizadas con el software Image J versión 1.38. Este programa posee una herramienta de conteo (cel counter), con la cual se obtuvo la abundancia de las especies en cada foto cuadrante (**Figura 3**). Para hacer comparaciones de tamaños, con el programa, se pudo medir los diámetros de los erizos, a través de una metra, la cual entrega los tamaños en pixeles, estos pixeles fueron transformados a cm. De esta manera, se obtuvieron las abundancias y tamaños de las especies *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus* en las diferentes profundidades y sustratos. Los tamaños obtenidos de las fotos, se compararon con los datos

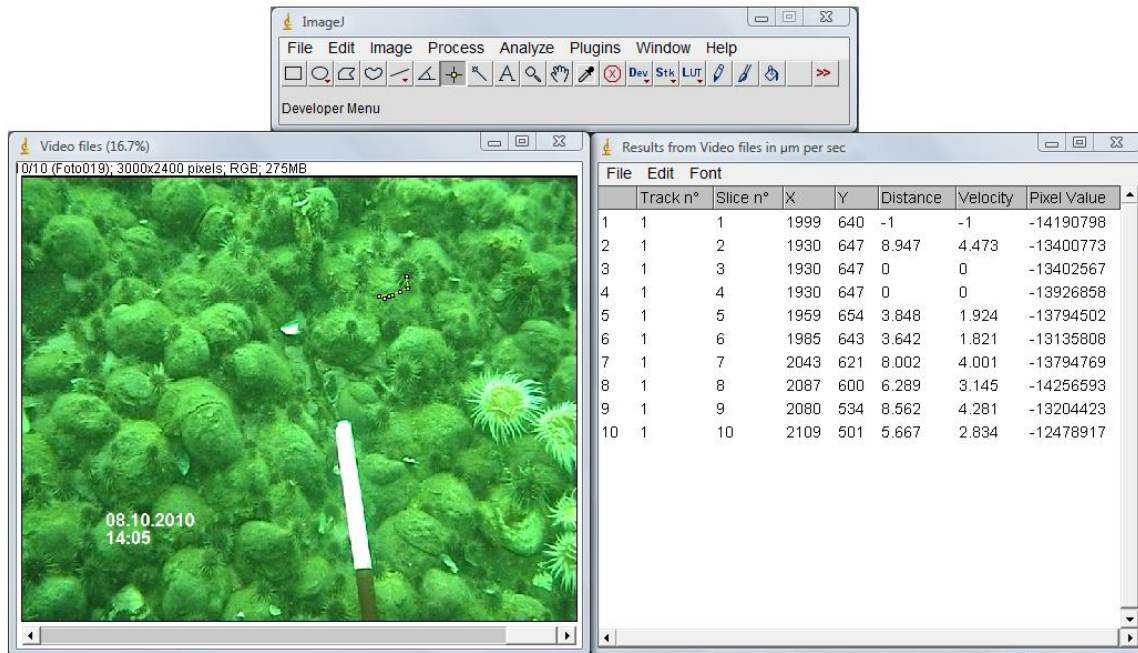
obtenidos en el laboratorio al medir directamente individuos colectados, esto con el fin de obtener el error al medir con el programa, las comparaciones no arrojaron diferencias significativas por lo que ambos métodos son validos para la estimación del tamaño de los individuos.

### 3.5.2 Videos con lapso de tiempo

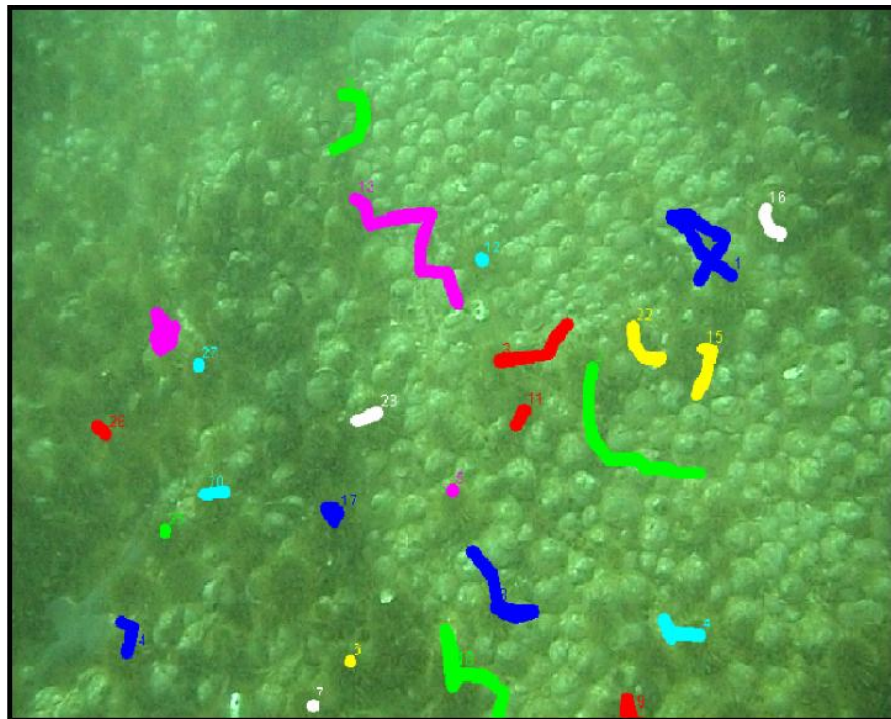
Para poder trabajar con los videos se tuvo que extraer imágenes de estos, ya que son más fáciles de manipular y de utilizar en el programa ImageJ. Para extraer las imágenes de los videos se utilizo el programa Irfan View Thumbnails, el cual con la herramienta “Start batch dialog” permite tomar una imagen del primer cuadro del video (1 segundo de video posee 24 imágenes). De esta manera se extraen las imágenes para después trabajarlas en el software ImageJ. Con la herramienta “manual tracking” (**Figura 5**), el cual permite realizar un seguimiento de los erizos en una secuencia de fotografías. Una vez terminado el seguimiento el programa arroja los datos en una planilla Excel donde son trabajados para poder obtener la distancia total recorrida, velocidad de movimiento, cantidad de movimientos por hora, ángulos de giros, con el diámetro de los erizos se puede conocer el área que recorren. (**Figura 6**).

### 3.5.3 Calculo Ángulos de Giro

Estos cálculos son posibles de realizar a través de las coordenadas obtenidas con la herramienta “manual tracking”. Al tener 3 coordenadas de un individuo, se puede obtener el ángulo formado entre esas partes gracias al teorema de Pitágoras, de esa manera se obtienen los ángulos de giros de los erizos. Los ángulos de giro van representados siempre de  $0^\circ$  hasta los  $180^\circ$ , sin importar la dirección que tome el individuo.



**Figura 5: Software ImageJ, con la herramienta “Manual Traking”, en la tabla, se observan las coordenadas en donde se encuentra el individuo dentro de la foto.**



**Figura 6: Resultado del software ImageJ, con la herramienta “Manual tracking”. Las líneas de diferentes colores, corresponden a diferentes movimientos que realizaron erizos analizados en un tiempo de 41 minutos.**

Las ventajas de utilizar ImageJ es que permite observar y analizar todos los movimientos y patrones de los individuos, sin ejercer ninguna interacción con ellos. El problema que se produce al utilizar este método para medir movimiento es que se necesita una superficie vertical, ya que una pared inclinada presenta un margen de error debido a que no se puede medir el movimiento hacia la profundidad. (Anexo 1)

### **3.6 Análisis de estadística**

Se utilizó la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, para estimar posibles diferencias entre tratamientos si los datos no cumplieron con los supuestos de normalidad y homogeneidad de las varianzas, incluso después de haber realizado diversas transformaciones. Para los datos que resultaron significativos ( $p < 0.05$ ) se realizó un test a posteriori, Método de Dunn y Tukey, de acuerdo a las recomendaciones del programa estadístico Sigma Plot Version 11.0. Para los análisis Estadísticos de las variables Tamaño y peso seco, se utilizó la Correlación de Pearson, las cuales se debieron utilizar regresiones no lineales y lineales dependiendo de la especie (**Tabla 3**).

**Tabla 3: Análisis estadístico utilizado según metodología realizada**

<b>Análisis utilizado</b>	<b>Método utilizado</b>	<b>Metodo realizado</b>
<b>Kruskal-Wallis</b>	Tukey	Preferencia de sustratos* Abundancia a diferentes profundidades*
	Dunn	Diferencias entre fechas*
<b>Correlación de Pearson</b>	Regresion no lineal	Peso seco - Diametro (L. albus y A. dufresnei)
	Regresion lineal	Peso seco - Diametro (P. magellanicus)

---

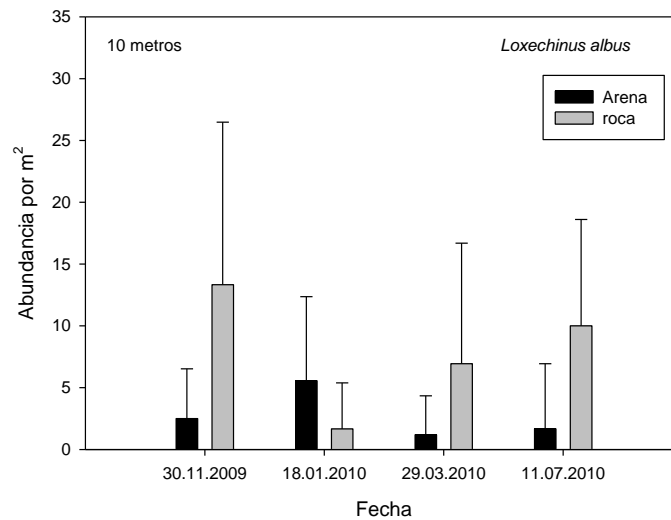
**\* Cada fotocadrante fue analizado por separado**

---

## 4. RESULTADOS

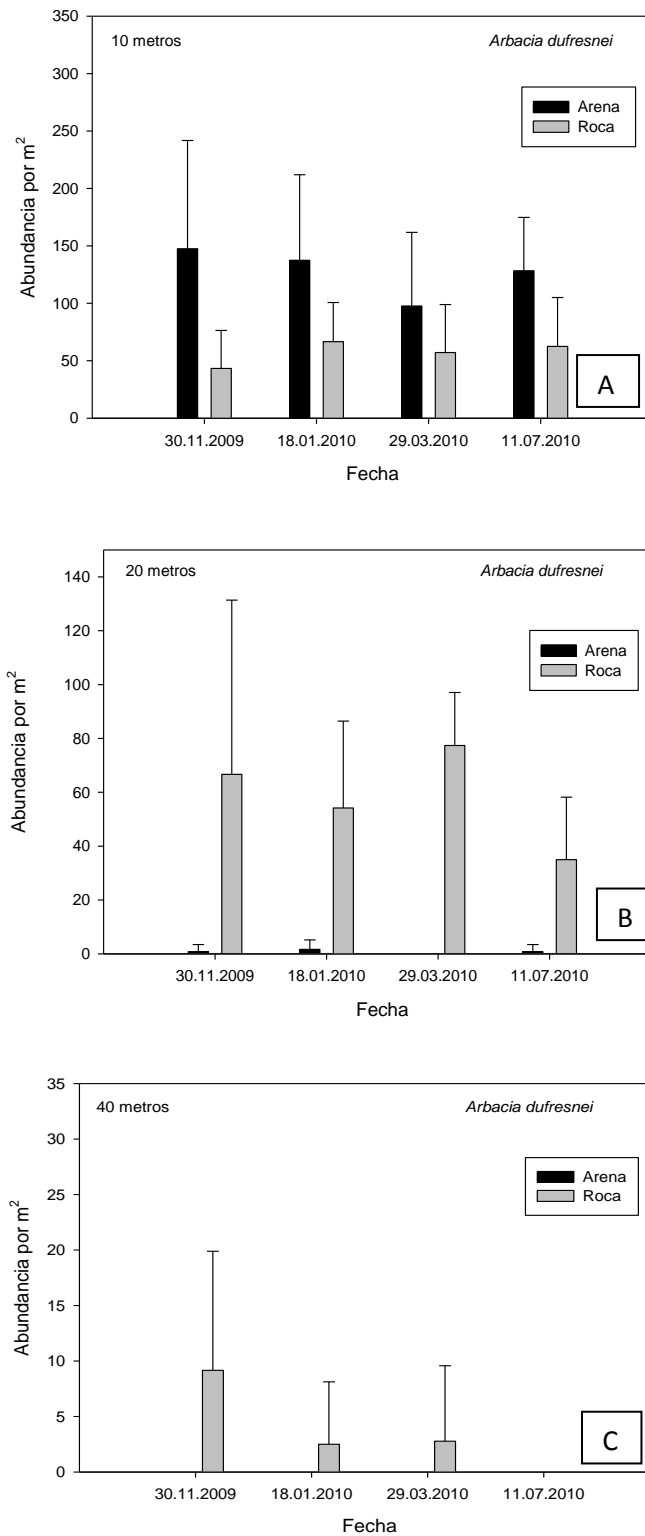
### 4.1 Distribución y abundancia vertical de *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus*

Con respecto a la distribución y abundancia de *Loxechinus albus*, en Caleta Yerbas Buenas, este se encontró solo en los fotocadrantes de 10 m (**Figura 7**), encontrándose ausente en las imágenes de 20 m y 40 m, donde no se encontró esta especie. Para la preferencia de sustrato, se utilizó el total de datos de los transectos, ya que al realizar una prueba estadística de **Kruskal-Wallis**, se determinó que no hay diferencias significativas entre las abundancias de las diferentes fechas. Se observaron diferencias significativas en las abundancias de *L. albus* para los sustratos arenoso y rocoso (**Kruskal-Wallis**,  $H = 6,717$ ;  $P = 0.010$ ). Queda presente que esta especie, presenta una mayor abundancia en el sustrato rocoso que en el arenoso (**Tabla 4**). Que en los foto cuadrantes no aparezca *L. albus*, no quiere decir que este no se encuentre presente en el área de muestreo, ya que mediante los buceos SCUBA, se observaron a profundidades mayores a los 40 m.



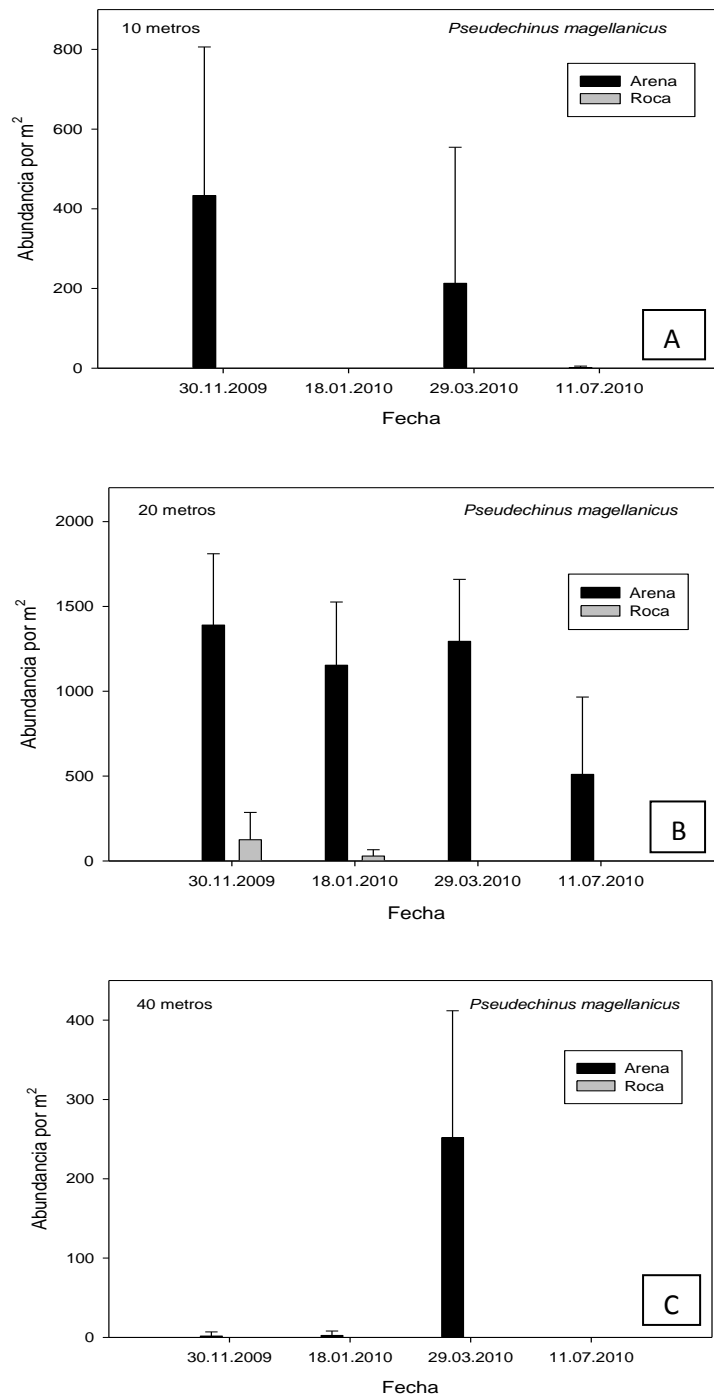
**Figura 7: Diferencia de abundancias por m<sup>2</sup> de *L. albus* en diferentes Fechas, presentando las abundancias en los sustratos de Arena y Roca.**

Para la distribución y abundancia de *Arbacia dufresnei* se ocuparon los fotocuadrantes de las profundidades de 10 m, 20 m y 40 m. Se encontraron diferencias significativas para las abundancias de las diferentes profundidades (**Kruskal-Wallis**  $H = 61.259$ ;  $P = <0,001$ ), las cuales fueron entre 10 vs 40, 10 vs 20 y 20 vs 40 (Metodo de Tukey). Diferencias significativas se encontraron entre los sustratos a 20 m, con una diferencia de medias de 2,64 y  $P = 0,001$ . A pesar de no ser significativamente diferentes, a los 10 m de profundidad, se muestra una mayor abundancia en la zona arenosa, en cambio a la profundidad de 20 m y 40 m podemos observar que las abundancias mayores se encuentran en la roca (**Tabla 4**). Se realizo un análisis de **Kruskal-Wallis** para determinar diferencias entre las fechas de los diferentes fotocuadrantes, solo se presentaron diferencias significativas en la profundidad de 20m, entre las fechas del 29/03/2010 y del 11/07/2010 con el método de Dunn con un  $P = < 0,05$ , además se encontraron diferencias significativas entre las profundidades de 40 m, con un  $P = 0,036$  (**Figura 8**).



**Figura 8: Abundancia por m<sup>2</sup> de *A. dufresnei* en diferentes Fechas, presentando sus diferentes abundancias en los sustratos de Arena y Roca. A) profundidad 10 m, B) profundidad 20 m y C) profundidad 40 m**

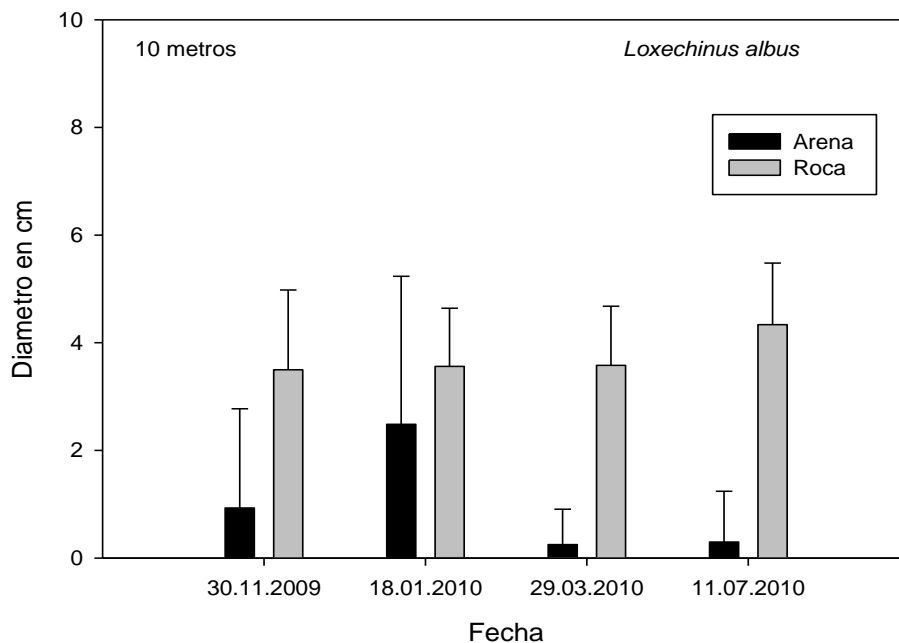
La distribución y abundancia para *Pseudechinus magellanicus* se pudo observar en todas las profundidades, siendo la más abundante a los 20 m. Acorde al test estadístico (**Kruskal-Wallis**  $H = 53,270$ ;  $P = <0,001$ ), hay diferencias significativas para la abundancia entre las profundidades 20 vs 40 y 20 vs 10 pero no se encontraron diferencias entre 10 vs 40 (método de Tukey). También se encontraron diferencias significativas (Mann-Whitney U Statistic = 3714.500 T = 17945.500;  $P = <0,001$ ) entre los sustratos arenosos y rocosos. La distribución observada de esta especie en el terreno, es que esta distribuida en parches, no se encuentra homogénea en el sustrato, lo que podría explicar sus altas abundancias y ausencias en los fotocuadrantes, llegando a obtener 1933,33 individuos por  $m^2$  (**Tabla 4**) (**Figura 9**). Los test estadísticos de **Kruskal-Wallis**, comparando las diferentes fechas en las profundidades de 10 m, dieron una diferencia significativa con un  $P = < 0,001$  y el test de Dunn, presento diferencias significativas entre las fechas 30/11/2009 vs 18/01/2010 y 30/11/2009 vs 11/07/2010. También se encontraron diferencias significativas entre las fechas de las profundidades de 20 m con un  $P = 0,002$  y el test de Dunn encontró diferencias significativas entre las fechas 30/11/2009 vs 11/07/2010 y 29/03/2010 vs 11/07/2010.



**Figura 9: Abundancia por m<sup>2</sup> de *P. magellanicus* en diferentes Fechas, presentando sus diferentes abundancias en los sustratos de Arena y Roca. A) profundidad 10 m, B) profundidad 20 m y C) profundidad 40 m.**

#### 4.2 Distribución vertical de tamaños

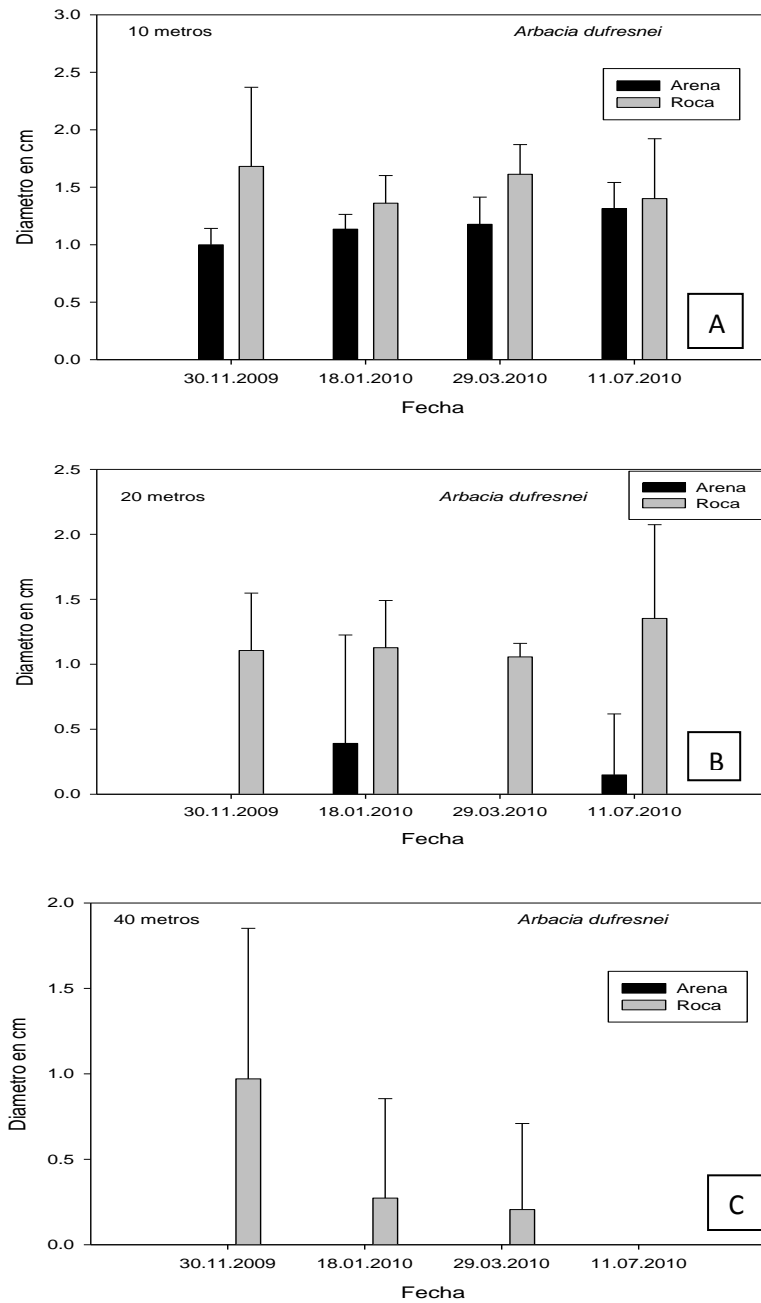
*Loxechinus albus*, al presentarse solo en los foto cuadrantes de 10m, se compararon las dimensiones del diámetro entre los sustratos arenoso y rocoso (**Figura 10**), donde no se encontraron diferencias significativas entre las dimensiones medidas en la arena y roca (Mann-Whitney U Statistic = 150.000; P = 0,677). A pesar de que no se encontraron diferencias significativas, se puede observar que en los sustratos rocosos se encuentran *L. albus* de un mayor tamaño (**Tabla 4**).



**Figura 10: Tamaños del diámetro de *L. albus* a 10 m, representa las diferencias entre sustratos**

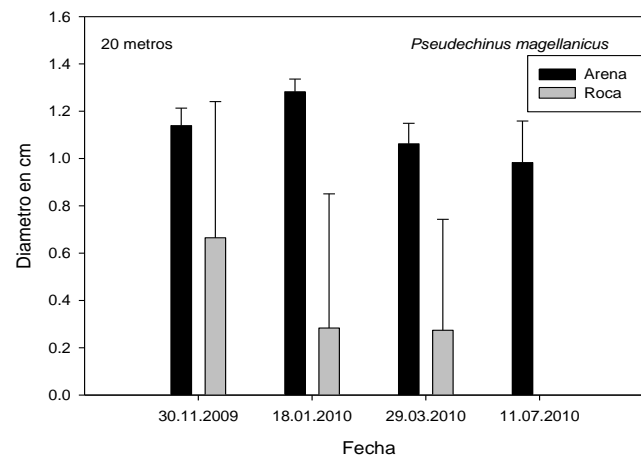
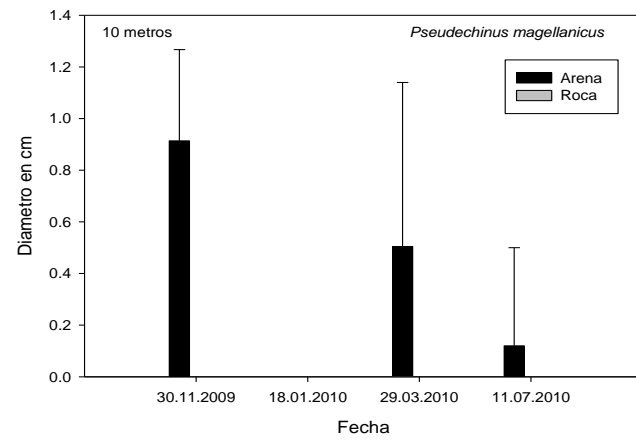
Para *Arbacia dufresnei*, se encontró que los individuos de mayor diámetro, se encontraban a los 10 m de profundidad, las diferencias significativas (Kruskal-Wallis H = 46,948; P = <0,001) se encontraron entre 10 vs 20, en cambio entre las 10 vs 40 y 20 vs 40, no se encontraron diferencias significativas (método de Tukey). De acuerdo al análisis de Mann-

Whitney U Statistic= 43973,000;  $P = <0,001$ , se encontraron que hay diferencias significativas entre los diámetros de individuos en sustrato arenoso y roca, siendo los individuos del sustrato rocoso, mas grandes (Tabla 4) (Figura 11).



**Figura 11: Distribución de tamaño del diámetro de *A. dufresnei*, en diferentes sustratos y profundidades: A) 10 m, B) 20 m y C) 40 m**

Se le realizaron comparaciones de tamaños de diámetro a *Pseudechinus magellanicus* (**Kruskal-Wallis**  $H = 49,802$ ;  $P = <0,001$ ), el cual arrojó que hay diferencias significativas en los diámetros de esta especie entre las profundidades 10 vs 40 y 20 vs 40, manteniéndose sin grandes variaciones de tamaño, entre los 10 vs 20 metros (método de Tukey). No se encontraron diferencias significativas entre los tamaños en los diferentes sustratos (**Tabla 4**) (**Figura 12**).



**Figura 12: Distribución de tamaño del diámetro de *P. magellanicus*, en diferentes sustratos y profundidades: A) 10 m, B) 20 m y C) 40 m**

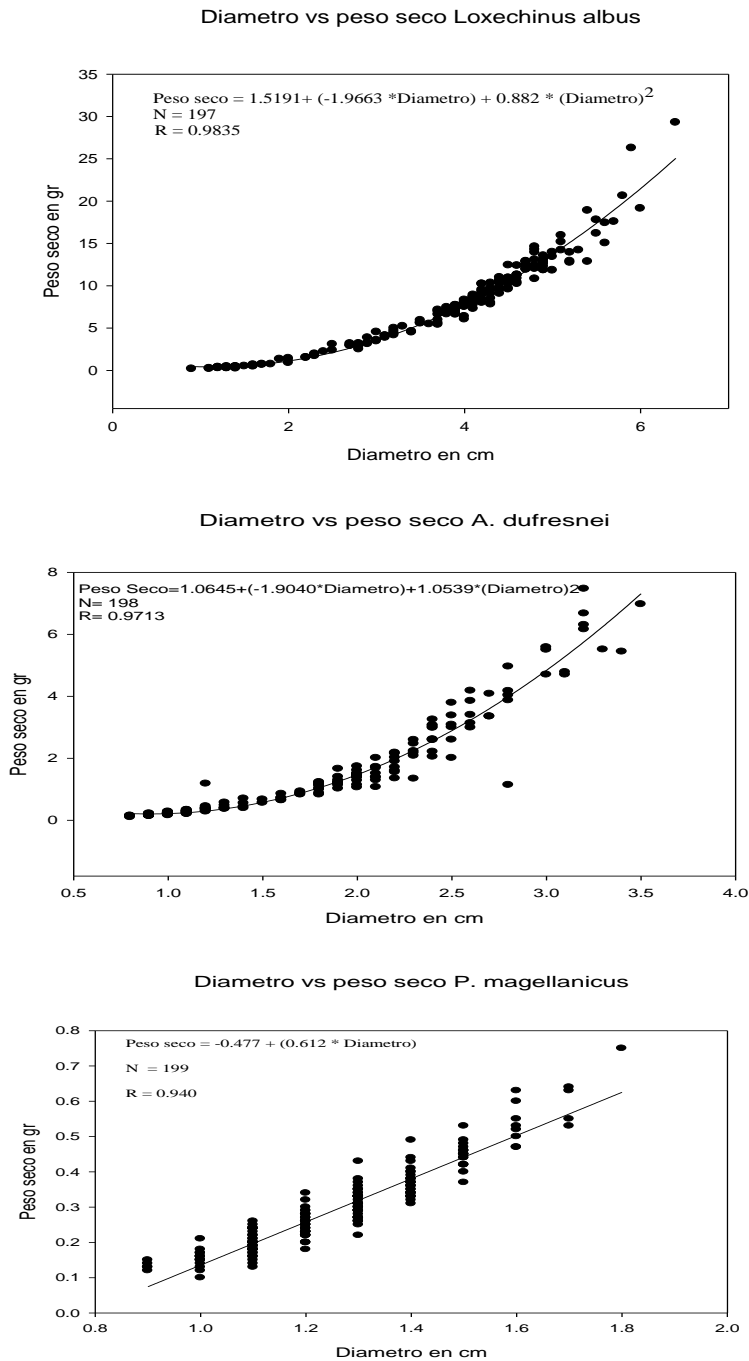
**Tabla 4: Tabla comparativa de las especies *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus*.**

	Profundidad (Metros)		<i>Loxechinus albus</i>	<i>Arbacia dufresnei</i>	<i>Pseudechinus magellanicus</i>	
Tamaño (cm)		Promedio	3.73	1.68	1.26	
		Mayor	6.4	3.5	1.8	
		Menor	0.9	0.8	0.9	
		Desviacion estandar	1.24	0.7	0.17	
Abundancia (N° ind/m <sup>2</sup> ) por sustrato		Promedio total(Roca)	2.95	37.84	14.24	
	10	Promedio (Roca)	9.13	55.64	0	
	10	Mayor (Roca)	33.3	158.33	0	
	10	Menor (Roca)	0	0	0	
	20	Promedio (Roca)	0	59.16	45.96	
	20	Mayor (Roca)	0	225	483.33	
	20	Menor (Roca)	0	0	0	
	40	Promedio (Roca)	0	3.92	0	
	40	Mayor (Roca)	0	33.33	0	
	40	Menor (Roca)	0	0	0	
			Promedio total(Arena)	1.01	43.43	482.23
	10	Promedio (Arena)	2.52	129.29	177.02	
	10	Mayor (Arena)	16.66	291.66	1300	
	10	Menor (Arena)	0	0	0	
	20	Promedio (Arena)	0	0.9	1070.04	
	20	Mayor (Arena)	0	8.33	1933.33	
20	Menor (Arena)	0	0	0		
40	Promedio (Arena)	0	0	79.59		
40	Mayor (Arena)	0	0	491.66		
40	Menor (Arena)	0	0	0		
Actividad (% de individuos)		Activos	72.25%	88.47%	97.80%	
		Inactivos	27.75%	11.53%	2.20%	
Desplazamiento (cm/hrs)		Promedio	3.6	8.88	8.6	
		Mayor	60.26	59.57	28.51	
		Menor	0	0	0	
Velocidad (cm/min)		Promedio	2.71	1.77	0.24	
		Maxima	9.33	8.82	0.8	
		Minima	0	0	0	

### 4.3 Tamaño – Peso seco

En la relación Tamaño – Peso seco para *L. albus*, esta presento una correlación positiva, presentando un  $R = 0,9835$  y un  $R^2 = 0,9673$  para un  $N = 197$ . La relación de Pearson resulto con un  $P = <0,001$ . Para la especie *A. dufresnei*, la correlación también fue positiva presentando un  $R = 0,9713$  y  $R^2 = 0,9434$  para un  $N = 198$ . La relación de Pearson presento un  $P = < 0,001$ . En el caso *P. magellanicus*, se realizo una regresión lineal, ya que esta era la que mejor se acomodaba al caso. La cantidad de individuos que poseen el mismo tamaño y la escala que se utilizo, dieron como resultado una agrupación de los datos, esto

es debido a que esta especie tiene un rango de tamaño mucho menor que *L. albus* y *A. dufresnei*. La regresión lineal para *P. magellanicus*, presento una correlación positiva con un  $R = 0,940$  y un  $R^2 = 0,883$  para un  $N = 199$ . La relación de Pearson presento un  $P = < 0,001$  (Figura 13).

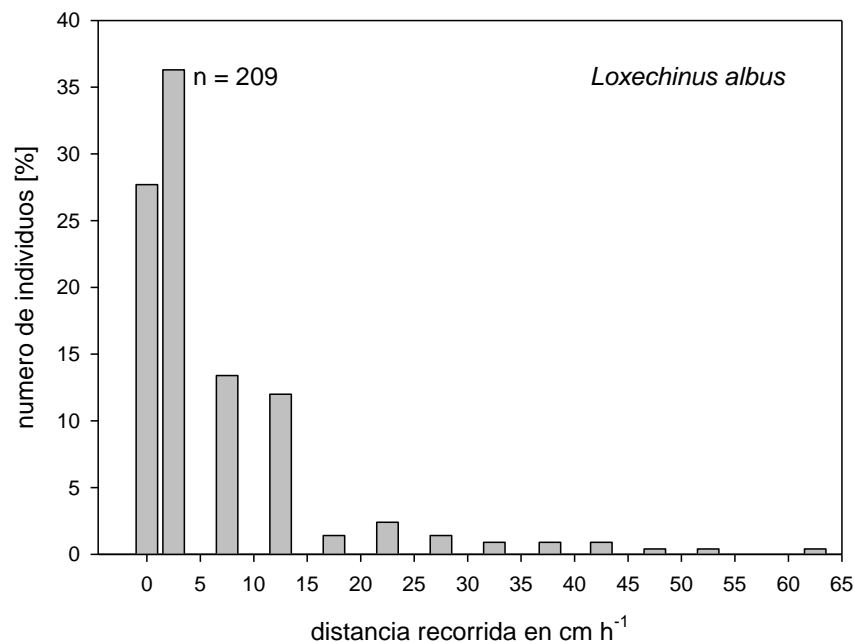


**Figura 13: Correlación entre tamaño del diámetro y el peso seco. A) *L. albus*, B) *A. dufresnei* y C) *P. magellanicus*.**

#### 4.4 Análisis de movimiento

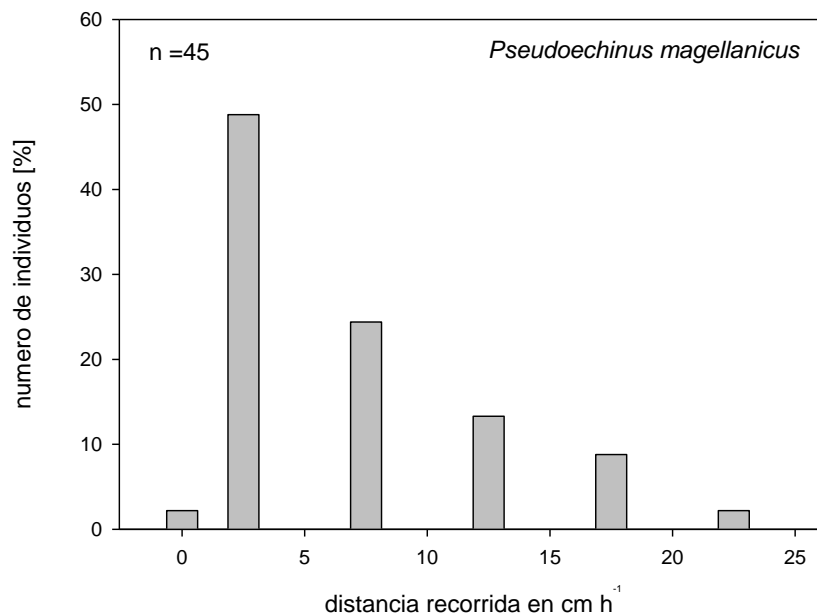
Mediante esta metodología, se logro observar el movimiento diurno de las especies *L. albus*, *A. dufresnei* y *P. magellanicus*. De los 13 videos que se realizaron, solo 1 fue utilizado para sustrato arenoso, en el cual se encuentra *P. magellanicus*, los 12 videos restantes se utilizaron para observar a las especies *L. albus* y *A. dufresnei* sobre los sustratos rocosos (**Tabla 2**).

En el caso de *L. albus*, se observaron en un total de 9 videos a 209 individuos y se contabilizaron todos sus movimientos, de esta forma se obtendrán resultados muy detallados sobre su comportamiento. Al cabo de 1 hora de filmación, solo el 27,7% de los individuos se han quedado en su lugar y no han realizado algún tipo de movimiento, sin embargo un 36,3% de los individuos solo se mueve entre 0.1 cm y 5cm. La mayor concentración de movimientos, se encuentra entre desplazamientos de 1cm y 15 cm, después de eso, los movimientos son muy particulares, llegando a avanzar hasta 60,6 cm en una hora (**Figura 14**).



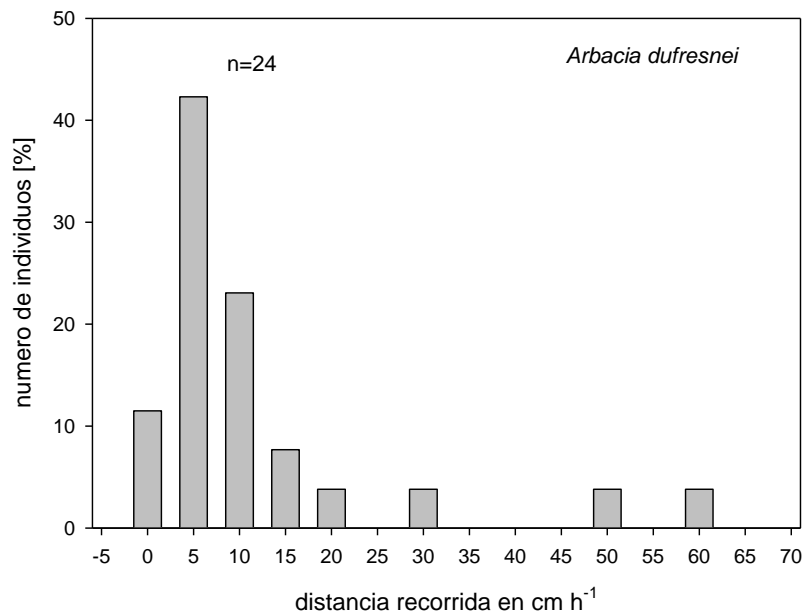
**Figura 14:** Porcentaje de individuos de *L. albus* que se desplazaron y la distancia recorrida en 1 hora

De la especie *P. magellanicus* se observaron 45 individuos, los cuales fueron filmados sobre el sustrato arenoso. Al cabo de una hora solo el 2,2% se a quedado inmóvil, por lo que la tasa de desplazamiento es del 97,8%. Al igual que en el caso de *L. albus*, la mayoría de los desplazamientos totales son bajos, entre los 0,1 cm y 5 cm de distancia, el 48,8% de los individuos analizados, se mantuvo en este rango. Se puede destacar que un 13,3% de los individuos llegan a moverse en los rangos de 10 – 15 cm h<sup>-1</sup>, un 8.8% de los individuos se mueven entre los rangos de 15-20 cm h<sup>-1</sup> y un 2% llega a moverse entre los rangos de 20-25 cm h<sup>-1</sup> (Figura 15).



**Figura 15: Porcentaje de individuos de *P. magellanicus* que se desplazaron y la distancia recorrida en el transcurso de 1 hora.**

Se pudo realizar el seguimiento de 24 individuos de esta especie. *A. dufresnei*, esta presentó una actividad alta, destacando que al cabo de una hora, solo el 11,5% de los individuos se quedó quieto. Al igual que las 2 especies anteriores, la mayor cantidad de desplazamiento, se encuentra dentro del rango de 0,1 cm a 5 cm h<sup>-1</sup>, presentando un 42,3% del total de los recorridos realizados. El mayor desplazamiento desarrollado por esta especie, fue de 59,5 cm h<sup>-1</sup> (**Figura 16**).



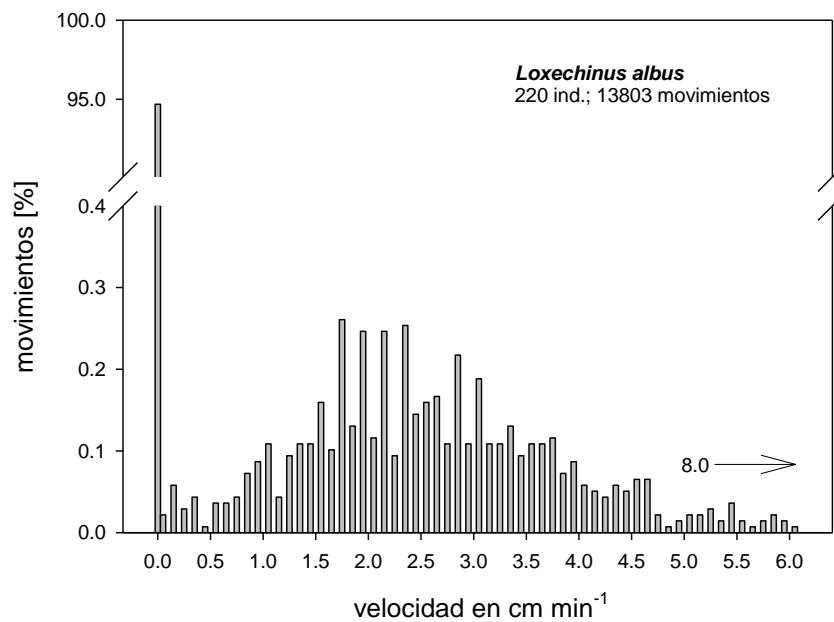
**Figura 16: Porcentaje de individuos de *A. dufresnei* que se desplazaron y la distancia recorrida en el transcurso de 1 hora.**

La idea de hacer filmaciones con lapso de tiempo es que permiten observar los movimientos de los individuos a una micro escala, por lo que se puede saber que movimientos está realizando un animal, cada minuto, de esta manera se puede obtener todo el recorrido del individuo en vez de solo el desplazamiento final.

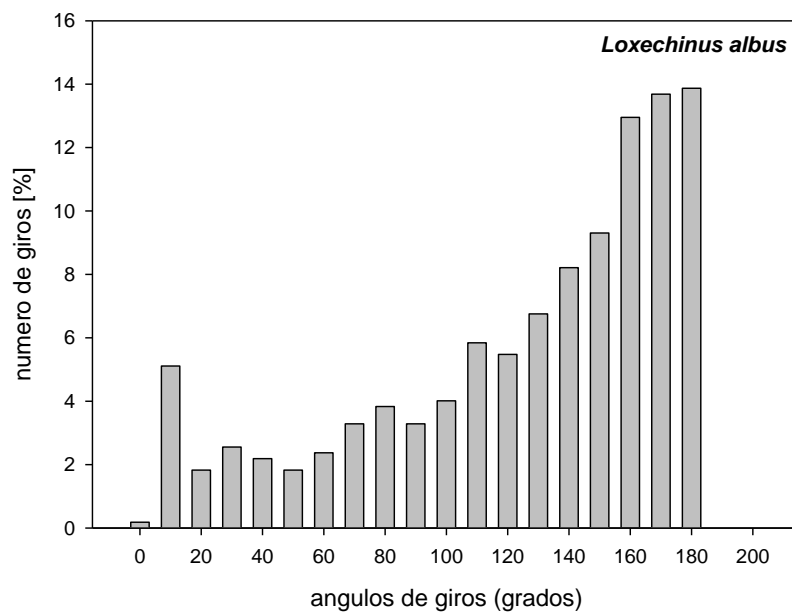
En la especie *loxechinus albus* se puede presenciar que el 95% del tiempo que transcurre en 1 hora, este se encuentra completamente quieto y solo se mueve un 5% del tiempo. De acuerdo al grafico de la **Figura 17**, se puede observar que la gran mayoría de los movimientos, están dentro del rango anterior de (0,1 cm – 5 cm), siendo los más frecuentes los movimientos sobre 1,5 - 3,5 cm m<sup>-1</sup>. En ocasiones ocurren movimientos extraordinarios, como el máximo registrado que fue de 8 cm m<sup>-1</sup>, estos movimientos se dan en porcentajes de 0,014%.

No solo se observo los movimientos y su magnitud, también se realizaron cálculos para obtener los ángulos de giros de estos individuos. Estos ángulos de giro permiten reconocer si el individuo está caminando en círculos o se está alejando del origen. Para esto de considero que los ángulos menores a 90° correspondían a las caminatas en círculos y los ángulos mayores a 90° se comprendían como si se estuviera alejando del origen.

*L. albus*, presento una tendencia positiva hacia los ángulos mayores a los 90° (**Figura 18**).



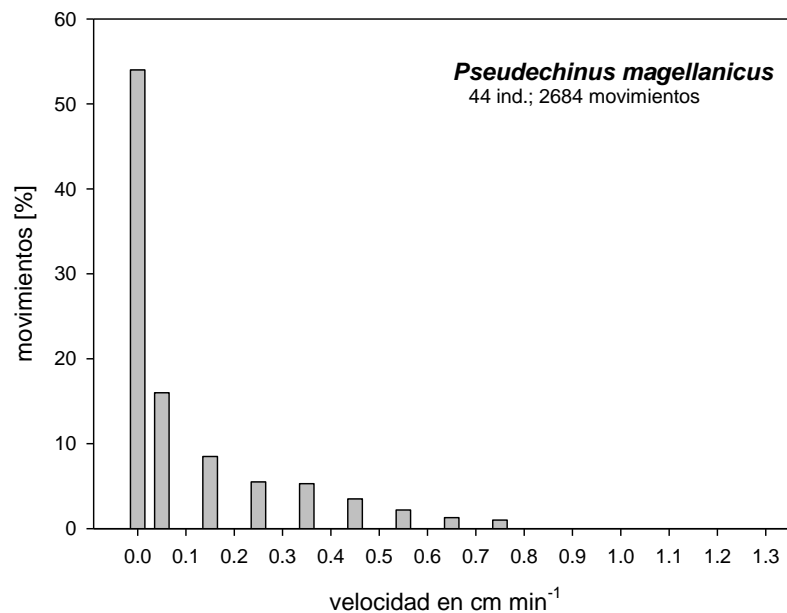
**Figura 17: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie *L. albus* (primera columna indica ausencia de movimientos).**



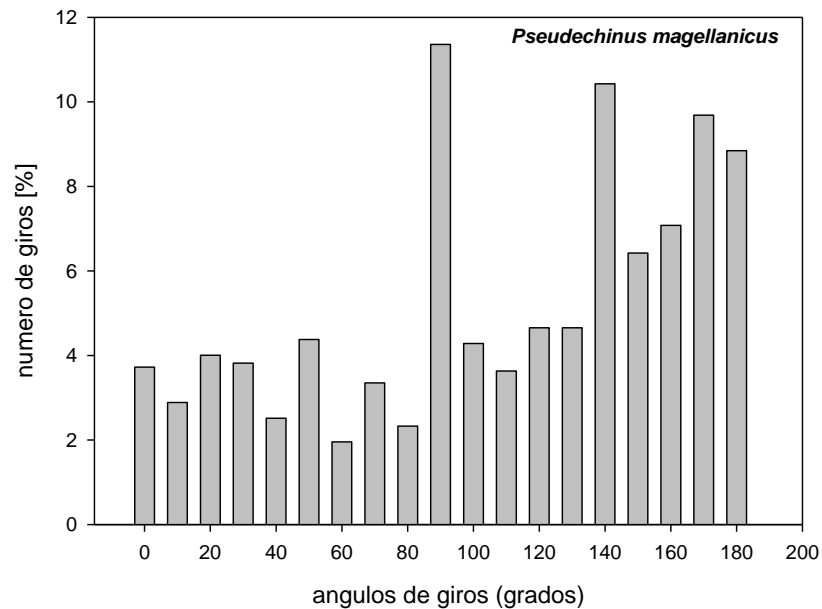
**Figura 18: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °.**

La especie más activa, continúa siendo *P. magellanicus*, el cual solo pasa el 55% del tiempo en reposo, el resto del tiempo, se encuentra moviendo. Ya vimos anteriormente, que el rango de desplazamiento de esta especie es más acotado que la del resto, esto se debe a que posee un tamaño menor, y su movimiento más largo, llega a solo 0,8 cm m<sup>-1</sup> (**Figura 19**).

Si bien la cantidad de ángulos por sobre los 90° es mayor, no hay una diferencia tan fuerte o tan marcada, como lo es en *L. albus* o *A. dufresnei*, esto quiere decir, que esta especie pasa un tiempo considerable dando vueltas y menos tiempo en desplazarse (**Figura 20**).



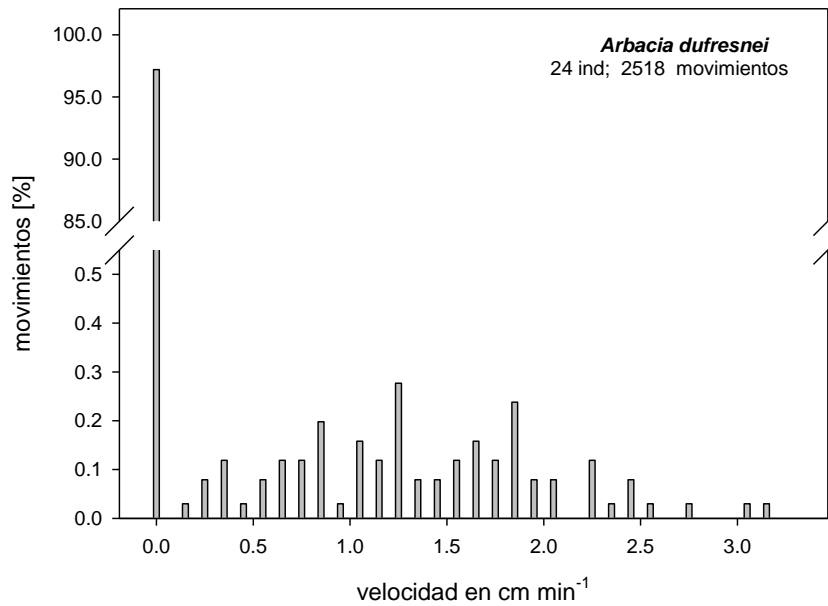
**Figura 19: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie *P. magellanicus*.**



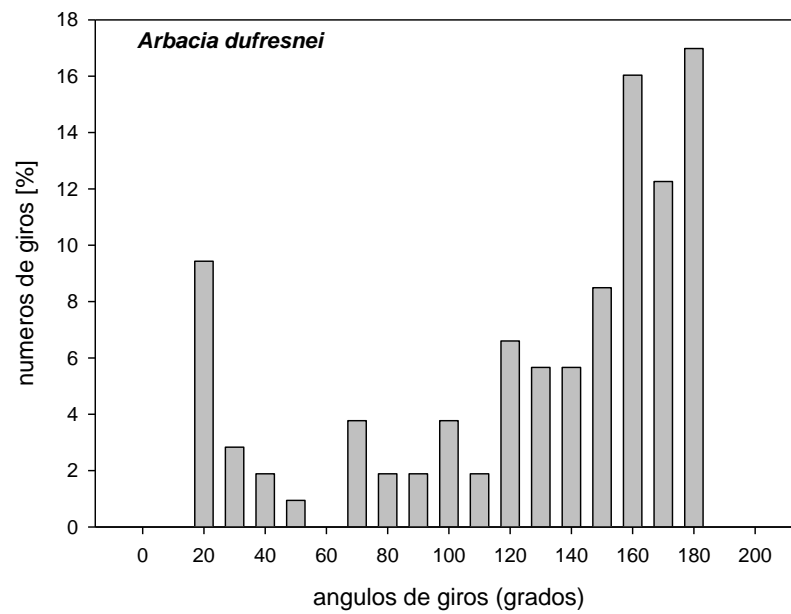
**Figura 20: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °**

*Arbacia dufresnei*, es la especie que más se desplaza en una hora, es la especie que más tiempo pasa quieta, sin moverse, un 97% del tiempo *A. dufresnei* no se mueve, pero cuando decide moverse, esta lo hace con desplazamientos entre 0,5 y 2,5 cm m<sup>-1</sup>. Llegando a tener movimientos máximos de más de 3 cm m<sup>-1</sup> (**Figura 21**).

Los ángulos registrados en *A. dufresnei*, son en su mayoría elevados, siendo más del 70% de estos ángulos sobre los 90° (**Figura 22**).



**Figura 21: Porcentaje de la velocidad o magnitud del movimiento de la especie *A. dufresnei*.**



**Figura 22: Porcentaje de giros sobre o bajo los 90 °**

## 5. DISCUSIÓN

Este estudio realizado en el Seno de Reloncaví, muestra a los equinoideos *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus*, formando agregaciones de hasta 33,33 ind/m<sup>2</sup>, 225 ind/m<sup>2</sup> y 1933,33 ind/m<sup>2</sup> respectivamente y alcanzando tamaños promedio de  $3,73 \pm 1,24$  cm,  $1,68 \pm 0,7$  cm y  $1,26 \pm 0,17$  cm respectivamente de diámetro. *Loxechinus albus* ha sido descrito en la literatura como un herbívoro, el cual se alimenta de algas frondosas como *Macrocystis pyrifera* y en ocasiones de algas calcáreas (Vásquez *et al.*, 1984, Vásquez & Buschmann 1997), *Arbacia dufresnei* ha sido descrito como un depredador, este equinoideo se alimenta principalmente de invertebrados marinos (Vásquez *et al.*, 1984, Vásquez & Buschmann 1997), esta especie también ha sido presentada como una oportunista, capaz de adaptar su alimentación acorde a sus necesidades (Zaixso & Lizarralde 2000). El caso de *Pseudechinus magellanicus* ha sido descrito por Zaixso & Lizarralde 2000 que esta especie podría ser omnívora y alimentarse tanto de algas como de invertebrados, así también como de detritos aportados por las corrientes, esto es corroborado por los trabajos de Vásquez *et al.*, 1984, en el cual se obtuvo que la dieta preferente de *P. magellanicus* eran los invertebrados marinos y las macro algas, principalmente *Macrocystis pyrifera*.

La distribución espacial de los equinoideos y su abundancia, han sido relacionadas en gran parte con la presencia de alimento (Dumont 2004, Gamick 1978, Himmelman 1986, Jones & Kain 1967, Karlson 1978, Krumbein & Van Der Pers 1974, Lauzon-Guay *et al.*, 2006, Lauzon-Guay & Scheibling 2007, Mann 1977, Mattison *et al.*, 1977, Miyamoto & Kohshima 2006, Mutschke & Ríos 2006, Vásquez *et al.*, 1984, Vásquez & Buschmann 1997, Zaixso & Lizarralde 2000). En la mayoría de estos casos, la asociación

de la abundancia de los erizos marinos, es frente a un bosque de algas, las cuales proveen de suficiente alimento para poder sostener grandes abundancias de erizos. En el caso de Caleta Yervas Buenas, la presencia de algas es reducida y las abundancias de erizos son altas, por lo que se sugiere que la fuente de alimento es diferente en esta zona de estudio.

La distribución batimétrica de los erizos *Loxechinus albus* y *Arbacia dufresnei*, se ve fuertemente asociada al sustrato rocoso y principalmente a las aguas poco profundas, siendo la profundidad de 10 mts la que contenía la mayor abundancia. En el caso de *Arbacia dufresnei* se observó que la mayor abundancia se encontraba a los 10 mts, pero en el sustrato arenoso (291,66 ind/m<sup>2</sup>), lo cual llama la atención, tomando en cuenta la predilección de esta especie por los sustratos rocosos (**Mutschke & Ríos 2006, Zaixso & Lizarralde 2000**). En esta profundidad, las medidas de los erizos que se encuentran en el sustrato arenoso, presentan un tamaño de  $1,15 \pm 0,2$  cm, mientras que los que se encuentran sobre el sustrato rocoso presentan un tamaño promedio de  $1,53 \pm 0,7$  cm, según **Himmelman 1986**, los erizos pequeños o juveniles, tienden a mantenerse alejados de los espacios abiertos y en el caso de *Arbacia dufresnei*, se encontró que es sustrato arenoso, presenta altas cantidades de conchuelas, las cuales proveen de un escondite seguro para los pequeños o juveniles de esta especie. De esta manera, se podría comprender la presencia de *A. dufresnei* sobre un sustrato que no es común. Una vez que los erizos adquieren un tamaño adecuado, estos son capaces de subir al sustrato rocoso ya que presentan una menor posibilidad de ser comidos. El hábitat de los erizos *Loxechinus albus* y el de *Arbacia dufresnei*, posee una superposición en la profundidad de 10 mts sobre el sustrato rocoso, esto podría suponer una competencia por espacio y alimento entre estas especies. Al revisar la literatura, nos encontramos con un caso parecido descrito por **Privitera et al. 2008**, el

cual realiza la misma observación para dos erizos de Croacia (*Paracentrotus lividus* y *Arbacia lixula*) los cuales presentaban una superposición, este estudio demuestra que la diferencia dietaria de estos erizos, permite que la competencia por el lugar sea mínima, más bien estos erizos se complementan en el forrajeo, teniendo un fuerte impacto sobre la comunidad bentónica. Si bien en el caso de *L. albus* y *A. dufresnei*, esta última presenta abundancias mayores a las de *L. albus*, las observaciones en terreno, arrojaron que estas especies no compiten por el espacio y tampoco por el alimento, como ya fue señalado anteriormente ambos poseen dietas diferentes. En las profundidades registradas de 20 mts y 40 mts, no apareció el erizo *L. albus*, lo cual no quiere decir que este no se encuentre presente, este fue visto en todas las profundidades en el terreno por los buzos SCUBA, por lo que la especie se encuentra presente, pero en abundancias muy bajas. En el caso de *A. dufresnei*, este mostró altas abundancias en las profundidades de 20mts y 40 mts, presentando una abundancia media de 59,16 ind/m<sup>2</sup> y 3,92 ind/m<sup>2</sup> respectivamente, las abundancias de esta especie se ven disminuidas con la profundidad creciente.

El erizo de mar *Pseudechinus magellanicus* tiende a distribuirse sobre los sustratos arenosos, teniendo una mayor abundancia en la profundidad de 20 mts con 1933,33 ind/m<sup>2</sup>. La distribución y abundancia ha sido descrita por **Zaixso & Lizarralde 2000**, para el Golfo de San José en Argentina, en Chile ah sido descrito en las Islas Navarino por **Vásquez et al., 1984**, en ambos casos *P. magellanicus* fue el equinodermo con más presencia y abundancia en los estudios, sin embargo, en los datos obtenidos por este trabajo, sugieren una distribución en parches de esta especie, sigue siendo la especie más abundante en el lugar, pero su distribución no es uniforme sobre el sustrato. Esto es de acuerdo a las inmensas abundancias encontradas en algunos fotocuadrantes y a la ausencia

total (**Tabla4**) en otros que se encontraban en la misma profundidad y sustrato. No solo con eso, también la verificación visual a través de buzos SCUBA, confirman que *P. magellanicus*, tiende a congregarse en ciertos lugares.

En los resultados obtenidos de los tamaños de los erizos, *Loxechinus albus*, fue el que presentó el mayor tamaño con 6,4 cm de diámetro, el erizo *Arbacia dufresnei* de mayor tamaño fue de 3,5 cm y el de *Pseudechinus magellanicus* fue de 1,8 cm. Los datos comparados a diferentes profundidades, demuestran que tanto *A. dufresnei* y *P. magellanicus*, disminuyen sus tamaños a medida que la profundidad aumenta, esto podría deberse a que los individuos que están en las zonas de menor profundidad, encuentran una mayor cantidad de alimento, y es por esto que presentan una talla mayor a los que están en las partes más profundas.

Los datos obtenidos de tamaño y peso seco de los equinoideos, nos da la posibilidad de estimar el peso de un animal, simplemente con conocer su diámetro o talla. Para los gráficos expresados en la **Figura 13**, se puede observar que tanto *L. albus* y *A. dufresnei*, presentan una ecuación no lineal, esto es debido a que los datos de los tamaños y pesos de estos individuos fueron más heterogéneos que los datos obtenidos por *P. magellanicus*, es por esto que en el **grafico C** de la **Figura 13**, este presenta una ecuación lineal y se observan una gran cantidad de datos agregados.

Con respecto a las grabaciones con lapso de tiempo, se escogió este sistema, ya que era el menos invasivo para los erizos, ya que de ninguna manera estos iban a ser manipulados, lo que podría haber afectado su libre desplazamiento. Los estudios de movimiento sobre los equinoideos son bastante reducidos, una de las especies mas

estudiada es el erizo *Strongylocentrotus droebachiensis*, el cual habita en el hemisferio norte, diversos métodos se han utilizado para realizar seguimiento de este **Dumont 2004** escogió marcar los erizos con un sistema fluorescente en la zona oral del animal, específicamente en los dientes, luego a través de buzos SCUBA los recojian después de un tiempo determinado. Un método similar utiliza **Tuya et al., 2004**, sin embargo los erizos son marcados con anzuelos de pescar pequeños los cuales son colocados cuidadosamente en la parte aboral del erizo y a este se amarra un hilo de pescar y un pedazo de corcho. De esta manera un buzo de sumergía cada 4 horas a buscar y medir el desplazamiento. La utilización del marcaje es extremadamente complicado en los equinoideos y las posibilidades de éxito son muy bajas. Para poder sortear estos problemas, se decidió por el uso de una cámara sumergible. El utilizar una cámara y poder realizar un video con lapso de tiempo, permite observar un nuevo enfoque sobre el movimiento de estas especies. Con una grabación de lapso de tiempo se pueden obtener no solo el desplazamiento del animal, sino que además su recorrido y comportamiento, además de que el individuo no es manipulado de ninguna manera por lo que su actividad normal no se ve afectado en lo más mínimo. Estudios se han realizado con este sistema de lapso de tiempo sobre la especie de erizo *S. droebachiensis* (**Lauzon-Guay et al., 2006, Lauzon-Guay & Scheibling 2007**), otros estudios con grabaciones son realizados en laboratorios para poder estimar la cantidad de mordidas que realiza un erizo cuando se alimenta sobre un tanque de vidrio (**Miyamoto & Kohshima 2006**). En Chile, los estudios sobre comportamiento, se han visto acotados a la respuesta de los equinoideos frente a bosques de macroalgas, donde se busca obtener tasas de desplazamiento y direccionalidad (**Vásquez et al., 1984, Vásquez & Buschmann 1997**).

Con respecto al comportamiento de los equinoideos en estudio con grabaciones de lapso de tiempo, estas fueron realizadas en sustrato rocoso para *L. albus* y *A. dufresnei* y la grabación de *P. magellanicus* se realizó sobre sustrato arenoso. Esto se debió a que la mayor abundancia de *P. magellanicus* se encontraba en ese sustrato y en la roca la abundancia era muy baja. *L. albus* es el equinoideo que presenta una menor actividad, tras 1 hora, de filmación, el 27% de los 209 individuos que fueron grabados no se movieron, y el 36% de los individuos, solo se movió dentro de un rango de 1-5 cm h<sup>-1</sup>. Si bien es posible registrar individuos que son capaces de desplazarse hasta 60,6 cm h<sup>-1</sup>. *A. dufresnei* presentó solo un 11% de los 24 individuos filmados se quedaron quietos al cabo de una hora, al igual como ocurrió con *L. albus*, la gran mayoría de los individuos se movió solo dentro del rango de 0,1-5 cm h<sup>-1</sup>, estos fueron un 42,3%, el mayor desplazamiento registrado en una hora fue de 59,5 cm h<sup>-1</sup>. El equinoideo más activo en este estudio es *P. magellanicus*, el cual al cabo de una hora, solo el 2,2 % de los 45 individuos se quedó sin quieto, sin embargo la mayoría de los movimientos al igual como paso con las otras dos especies fue de un 48,8% para los movimientos entre 0,1 -5 cm h<sup>-1</sup>, el máximo desplazamiento que se observó fue de 28,51 cm h<sup>-1</sup>.

*P. magellanicus* es el erizo más activo de las especies estudiadas, no solo se mueven el 97,8% de sus individuos en una hora, sino que además estos erizos pasan el 45% del tiempo en movimiento y activos, a diferencia de *L. albus* y *A. dufresnei*, que pasan quietos el 95% y 97% del tiempo respectivamente. Esto quiere decir que el total del desplazamiento de *L. albus* y *A. dufresnei*, se realiza dentro de un periodo muy corto de tiempo.

Los ángulos de giro para este estudio son muy importantes, ya que estos dan una idea de si el erizo está caminando en línea recta o en círculos, de esta manera tratar de

identificar algún patrón de movimiento. A diferencia de los grados que se utilizaron en los trabajos de **Lauzon-Guay et al., 2006** y **Lauzon-Guay & Scheibling 2007**, estos grados los utilizaron como un punto de referencia, donde los  $0^\circ$  estaban apuntando hacia la costa y los  $180^\circ$  estaban hacia mar adentro, de esta manera se puede observar un patrón acorde a que dirección tome el erizo. En nuestro caso el solo hecho de tomar un giro cerrado, sugiere que el erizo, está formando un círculo o dará vueltas, en cambio cuando los ángulos de giro sean abiertos, es como si el erizo siguiera de largo y avanzara. Bajo este criterio para poder interpretar los datos, se nos presentó que el erizo *Loxechinus albus* realizaba en una mayor medida giros con ángulos superiores a  $90^\circ$ , esto indicaría que es más propenso a alejarse del punto de inicio. *A. dufresnei* presenta un patrón de movimiento casi idéntico al realizado por *L. albus*, sin embargo *P. magellanicus* presenta una alta cantidad de giros menores a  $90^\circ$ , lo que indicaría a que es más propenso a andar en círculos.

## 6. CONCLUSIÓN

Este estudio, describe la distribución, abundancia y actividad de las especies de erizo *Loxechinus albus*, *Arbacia dufresnei* y *Pseudechinus magellanicus* en el Seno de Reloncaví. Este entrega información y evidencias claras sobre la batimetría de estas tres especies de equinoideo y sus preferencias de sustrato, demostrando la importancia que poseen a nivel ecológico. En cuanto a la preferencia de sustratos, se dio a conocer que el erizo marino *P. magellanicus* está asociado a los fondos arenosos a diferencia de *L. albus* y *A. dufresnei*, los cuales tienen una fuerte tendencia a los sustratos rocosos. En relación a la distribución batimétrica, el erizo *L. albus*, presenta una mayor abundancia en las aguas poco profundas (10 mts) y su abundancia se encuentra en niveles muy bajos, mostrando una baja presencia en profundidades mayores, *A. dufresnei* presenta una mayor abundancia a los

10 mts, pero su abundancia decae paulatinamente mediante se aumenta la profundidad. Por medio de las grabaciones con lapso de tiempo se entrega información detallada de la actividad de estas especies. Se entrega una nueva metodología, que a través de grabaciones con lapso de tiempo, me permite manipular nuevos organismos, no solo utilizarlo para estudiar equinoideos, sino para conocer mucho mas de los invertebrados marinos, como el comportamiento, estrategias de movimiento y sus respuestas a diversos estímulos bióticos o abióticos. Sobre la actividad de las especies estudiadas se concluye que *P. magellanicus* es el más activo, en el cual un 97.2% de todos los individuos presentan algún tipo de actividad al cabo de una hora. En comparación con la actividad de *P. magellanicus*, se describe que *L. albus*, presenta la menor tasa de actividad, en el cual un 72% del total de los individuos presentaron alguna actividad. Sin embargo *L. albus* y *A. dufresnei*, presentan una mayor capacidad de desplazamiento que *P. magellanicus*, el cual presenta la mayor actividad, pero no el mayor desplazamiento. En cuanto a los patrones de movimiento, se determino que las especies *L. albus* y *A. dufresnei*, presentaron una tendencia a desplazarse y alejarse del lugar de origen, en cambio el erizo *P. magellanicus*, presento una serie de giros que sugieren que este posee una preferencia por quedarse cerca del lugar de inicio. De esta manera se concluye que hay presencia de diferencias en cuanto a la distribución batimétrica, movimientos y comportamientos entre las especies.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Arrau, U. (1958). Desarrollo del erizo comestible de Chile *Loxechinus albus* Mol. Revista de biología marina. Vol VII: N° 1- 3

Ásbjörnsson, H. P. (2011). Management and Utilization of Green sea Urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in Eyjafjörður, Northern Iceland. University of Akureyri, thesis.

Browne H.,E. (1956). The American Arbacia and other sea urchins. Princeton University Press

Cárcamo, P.F., A.I. Candia & O.R. Chaparro. (2005). Larval development and metamorphosis in the sea urchin *Loxechinus albus* (Echinodermata: Echinoidea): Effects of diet type and feeding frequency. Aquaculture 249: 375– 386

Di Castri F. & E. Hajek. (1976). Bioclimatología de Chile. Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago 107

Dumont, C, J. H. Himmelman & M. P. Russell. (2004). Size-specific movement of green sea urchins *Strongylocentrotus droebachiensis* on urchin barrens in eastern Canada. Marine Ecology Progress Series Vol. 276: 93–101

Gamick, E. (1978). Behavioral ecology of *Strongylocentrotus droebachiensis* (Müller) (Echinodermata: Echinoidea). Aggregating behaviour and chemotaxis. Oecologia 37: 77–84

Gillespie, J.M. & J. B. McClintock. (2007). Brooding in echinoderms: How can modern experimental techniques add to our historical perspective? Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 342 191–201

Guidetti, P. (2004). Consumers of sea urchins, *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula*, in shallow Mediterranean rocky reefs. Helgoland Marine Research 58:110–116

Gutiérrez, J & I. Otsu. (1975). Periodicidad en las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* (Molina). Revista de Biología Marina 15(2): 179 – 199

Hagen, N.T., A. Andersen & O.B. Stabell. (2002). Alarm responses of the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*, induced by chemically labeled durophagous predators and simulated acts of predation. Marine Biology 140: 365–374

Himmelman, J.H. (1986). Population biology of green sea urchins on rocky barrens. Marine Ecology Progress Series 33:295–306

Jones, N. S. & J. M. Kain. (1967). Subtidal algal colonization following the removal of *Echinus*. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen Volume 15, Issue 1-4, pp 460-466

Karlson, R. (1978). Predation and space utilization patterns in a marine epifaunal community. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology Volume 31, Issue 3, Pages 225–23

Kino, S & Y. Agatsuma. (2007). Reproduction of sea urchin *Loxechinus albus* in Chiloé Island, Chile. Fisheries Science; 73: 1265–1273

- Kirby, S., M.D. Lamare & M. F. Barker (2006). Growth and morphometrics in the New Zealand sea urchin *Pseudechinus huttoni* (Echinoidea: Temnopleuridae). New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research Vol. 40: 413–428
- Krumbein, W. E. & J. N. C. Van Der Pers. (1974). Diving investigations on biodeterioration by sea-urchins in the rocky sublittoral of Helgoland. Helgoländer wissenschaftliche Meeresuntersuchungen. 26 : 1-17
- Lancellotti, D.A. & J.A. Vásquez. (2000). Zoogeografía de macroinvertebrados bentónicos de la costa de Chile: contribución para la conservación marina. Revista Chilena de Historia Natural 73: 99 – 129
- Larraín A.P. (1975). Los equinoideos regulares fósiles y recientes de Chile. Gayana Zoología 35:1-188
- Lauzon-Guay, J. S, R.E. Scheibling & M. A. Barbeau. (2006). Movement patterns in the green sea urchin, *Strongylocentrotus droebachiensis*. Marine Biological Association of the United Kingdom 86: 167-174
- Lauzon-Guay, J. S. & R.E. Scheibling. (2007). Seasonal variation in movement, aggregation and destructive grazing of the green sea urchin (*Strongylocentrotus droebachiensis*) in relation to wave action and sea temperatura. Marine Biology 151: 2109–2118
- Mann, K. H (1977). Destruction of kelp-beds by sea-urchins: A cyclical phenomenon or irreversible degradation? HelgolS.nder wiss. Meeresunters 30, 455-467
- Mattison, J. E., J. D.Trent, A. L. Shanks, T. B. Akin & J. S. Pearse. (1997). Movement and Feeding Activity of Red Sea Urchins (*Strongylocentrotus franciscanus*) Adjacent to a Kelp Forest. Marine Biology 39, 25-30
- Meadows, P.S. & J.I. Campbell. (1972). Habitat selection by aquatic invertebrates. Advances in Marine Biology 10:271–382
- Miyamoto, K & S. Kohshima. (2006). Experimental and field studies on foraging behavior and activity rhythm of hard-spined sea urchin *Anthocidaris crassispina*. Fisheries Science 72: 796–803
- Molinet, C., C. Herrera, P. Gebauer, M. F. Landaeta & C. A. Moreno. (2010). Estados tempranos de Echinoidea en canal Lagreze, Islas Guaitecas, sur de Chile. Revista de Biología Marina y Oceanografía 45(1): 19-33
- Mutschke, E & C. Ríos. (2006). Distribución espacial y abundancia relativa de equinodermos en el Estrecho de Magallanes, Chile. Ciencia y Tecnología del Mar 29 (1): 91-102
- Ouréns, R. (2007). Estructura espacial y dinámica reproductiva de las poblaciones de erizo en la costa de Galicia. Memoria de trabajo tutelado.
- Palmer, M.A., J.D. Allan & C.A . Butman. (1996). Dispersal as a regional process affecting the local dynamics of marine and stream benthic invertebrates. Trends in Ecology & Evolution 11:322–326
- Privitera, D., M. Chiantore, L. Mangialajo, N. Glavic, W. Kozul & R. Cattaneo-Vietti. (2008). Inter- and intra-specific competition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. Journal of Sea Research 60: 184–192
- Thompson, B. A. W. & M. J. Riddle. (2005). Bioturbation behaviour of the spatangoid urchin *Abatus ingens* in Antarctic marine sediments. Marine Ecology Progress Series Vol. 290: 135–143

- Tuya, F., J. A. Martin & A. Luque. (2004). Patterns of nocturnal movement of the long-spined sea urchin *Diadema antillarum* (Philippi) in Gran Canaria (the Canary Islands, central East Atlantic Ocean). Helgoland Marine Research 58:26–31
- Vásquez, J. A, J. C. Castilla & B. Santelices. (1984). Distributional patterns and diets of four species of sea urchins in giant kelp forest (*Macrocystis pyrifera*) of Puerto Toro, Navarino Island, Chile. Marine Ecology Progress Series 19: 55-63.
- Vásquez, J. A & A. H. Buschmann. (1997). Herbivore-kelp interactions in Chilean subtidal communities: a review Interacciones alga-herbívoro en comunidades submareales chilenas: una revisión. Revista Chilena de Historia Natural 70: 41-52
- Villegas, M. J., J. Laudien, W. Sielfeld & W. E. Arntz. (2008). *Macrocystis integrifolia* and *Lessonia trabeculata* (Laminariales; Phaeophyceae) kelp habitat structures and associated macrobenthic community of northern Chile. Helgoland Marine Research 62: Issue 1 Supplement, pp 33-43
- Williams, H. (2002). Sea Urchin Fisheries of the World: A Review of Their Status, Management Strategies and Biology of the Principal Species. Published by Department of Primary Industries, Water and Environment.
- Zaixso, H. E. & Z. I. Lizarralde. (2000). Distribución de equinodermos en el golfo San José y sur del golfo San Matías (Chubut, Argentina). Revista de Biología Marina y Oceanografía 35 (2): 127-145
- Zamora, S. & W. Stotz. (1992). Ciclo reproductivo de *Loxechinus albus* (Molina 1782) (Echinodermata: Echinoidea) en Punta Lagunillas, IV Región, Coquimbo, Chile. Revista de Historia Natural 65: 121 – 133

## 8. ANEXOS

Anexo 1: Fotocuadrantes de abundancia media de *L. albus* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas en diferentes sustratos.

Comparación	Diferencia de Rangos	q	P<0.05
<b>Roca vs Arena</b>	<b>446</b>	<b>3.035</b>	<b>Yes</b>

Anexo 2: Fotocuadrantes de abundancia media de *A. dufresnei* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.

Factor de Comparación: Sustrato dentro de los 10 mts

Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05
Roca vs. Arena	0.141	2	0.58	0.682	No

Factor de Comparación: Sustrato dentro de los 20 mts

Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05
<b>Roca vs. Arena</b>	<b>2.64</b>	<b>2</b>	<b>10.854</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>

Factor de Comparación: Sustrato dentro de los 40 mts

Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05
Roca vs. Arena	0.599	2	2.463	0.082	No

Factor de Comparación: Profundidad vs Arena

Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05
<b>10.000 vs. 40.000</b>	<b>2.717</b>	<b>3</b>	<b>11.172</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>
<b>10.000 vs. 20.000</b>	<b>2.494</b>	<b>3</b>	<b>10.254</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>
20.000 vs. 40.000	0.223	3	0.918	0.793	No

Factor de Comparación: Profundidad vs Roca

Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05
<b>20.000 vs. 40.000</b>	<b>2.264</b>	<b>3</b>	<b>9.31</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>
20.000 vs. 10.000	0.00502	3	0.0206	1	No
<b>10.000 vs. 40.000</b>	<b>2.259</b>	<b>3</b>	<b>9.289</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>

Anexo 3: Fotocuadrantes de abundancia media de *P. magellanicus* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.

Factor de Comparación: Sustrato dentro de los 20 mts						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05	
<b>Roca vs. Arena</b>	<b>2.64</b>	<b>2</b>	<b>10.854</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	
Factor de Comparación: Sustrato dentro de los 40 mts						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05	
Roca vs. Arena	0.599	2	2.463	0.082	No	
Factor de Comparación: Profundidad vs Arena						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05	
<b>10.000 vs. 40.000</b>	<b>2.717</b>	<b>3</b>	<b>11.172</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	
<b>10.000 vs. 20.000</b>	<b>2.494</b>	<b>3</b>	<b>10.254</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	
20.000 vs. 40.000	0.223	3	0.918	0.793	No	
Factor de Comparación: Profundidad vs Roca						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.05	
<b>20.000 vs. 40.000</b>	<b>2.264</b>	<b>3</b>	<b>9.31</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	
20.000 vs. 10.000	0.00502	3	0.0206	1	No	
<b>10.000 vs. 40.000</b>	<b>2.259</b>	<b>3</b>	<b>9.289</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	

Anexo 4: Fotocuadrantes de tamaño media de *A. dufresnei* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades y sustratos.

Factor de Comparación: Profundidad						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.050	
<b>10.000 vs. 20.000</b>	<b>0.138</b>	<b>3</b>	<b>9.709</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	
10.000 vs. 40.000	0.0497	3	1.297	0.63	No	
40.000 vs. 20.000	0.0882	3	2.22	0.259	No	
Factor de Comparación: Sustrato						
Comparación	Diferencia de Medias	p	q	P	P<0.050	
<b>Roca vs Arena</b>	<b>0.191</b>	<b>2</b>	<b>8.962</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>Yes</b>	

Anexo 5: Fotocuadrantes de tamaño media de *P. magellanicus* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Tukey, para detectar diferencias significativas entre distintas profundidades.

Factor de Comparación: Profundidad			
Comparación	Diferencia de Rangos	Q	P<0.05
<b>10 vs 40</b>	<b>178.261</b>	<b>6.666</b>	<b>Yes</b>
10 vs 20	10.674	0.627	No
<b>20 vs 40</b>	<b>167.587</b>	<b>6.671</b>	<b>Yes</b>

Anexo 6: Fotocuadrantes de Fechas media de *P. magellanicus* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Dunn's, para detectar diferencias significativas entre distintas fechas.

Factor de Comparación: Fecha			
Comparación	Diferencia de Rangos	Q	P<0.05
<b>30.11.2009 vs 18.01.2010</b>	<b>18.2</b>	<b>3.645</b>	<b>Yes</b>
<b>30.11.2009 vs 11.07.2010</b>	<b>16.2</b>	<b>3.746</b>	<b>Yes</b>
30.11.2009 vs 29.03.2010	6.986	1.466	No
29.03.2010 vs 18.01.2010	11.214	2.085	No
29.03.2010 vs 11.07.2010	9.214	1.934	Do Not Test
11.07.2010 vs 18.01.2010	2	0.401	Do Not Test

Anexo 7: Fotocuadrantes de Fechas media de *A. dufresnei* en el Seno del Reloncaví, Test a posteriori, Kruskal Wallis, método de Dunn's, para detectar diferencias significativas entre distintas fechas.

Factor de Comparación: Fecha			
Comparación	Diferencia de Rangos	Q	P<0.05
<b>29.03.2010 vs 11.07.2010</b>	<b>12.457</b>	<b>2.78</b>	<b>Yes</b>
29.03.2010 vs 18.01.2010	7.482	1.313	No
29.03.2010 vs 30.11.2009	7.357	1.642	Do Not Test
30.11.2009 vs 11.07.2010	5.1	1.254	No
30.11.2009 vs 18.01.2010	0.125	0.0232	Do Not Test
18.01.2010 vs 11.07.2010	4.975	0.925	Do Not Test