



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

**COMPARACIÓN MORFOMÉTRICA ENTRE POBLACIONES DE *Donax  
variabilis* Say, 1822 EN DISTINTAS PLAYAS DEL ESTADO DE VERACRUZ,  
MÉXICO.**

**T E S I S**

Que para obtener por el título de:

**Licenciado en Biología**

Presenta:

**MIGUEL ANGEL JIMÉNEZ LÓPEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**BIOL. EDGAR PELÁEZ RODRÍGUEZ**



Los Reyes Iztacala-Estado de México

2018



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **Dedicatoria**

A mis queridos padres quienes nunca dudaron de mi capacidad y me motivaron volver mis sueños realidad.

A mi amada Dafne, S. por ser el motor de mi vida brindándome todo su cariño.

A la memoria de mi hermano Santos, M. J. L., mi abuelo Miguel, J. I. y mi tía Juana, R. J. R.

## **Agradecimientos**

A mí amada Universidad Nacional Autónoma de México, por hacer darme la oportunidad de cumplir mi meta de convertirme en Biólogo y además de bríndame muchos amigos, conocimiento y momentos inolvidables.

Al Biólogo Edgar por aceptar dirigir esta tesis, además proveyéndome de materiales y opiniones las cuales nutrieron este trabajo y finalmente porque siempre tuvo una gran disposición en resolver mis dudas.

A mis sinodales Jonathan, F., José Luis V., Carlos, B. y José Ángel L. por su tiempo, su paciencia y sus aportaciones al trabajo.

A mi madre Maribel, L. G. que me ha apoyado siempre y me impulsa a ser una mejor persona, a dar mi mejor esfuerzo, es quien me ha mostrado el valor de la perseverancia.

A mi padre Miguel, J. R. quien me enseñó que el trabajo y la dedicación son muy importantes.

A mi amada Dafne S. por ser mi compañera a lo largo de la carrera y por hacer todo este tiempo algo muy especial, además de que me brinda su apoyo incondicional en todas las circunstancias y siendo siempre mi motivación.

A mi familiares porque en ellos siempre he encontrado apoyo y amor.

A todos mis profesores a lo largo de mi vida, ya que me han dado las herramientas para poder crecer y darme lo necesario para formarme un futuro brillante, además gracias a ellos pude ingresar a la UNAM y terminar una carrera universitaria.

A todos mis amigos, porque con ellos he pasado momentos invaluable y nada sería tan divertido si estuvieran ausentes.

# Índice de contenido

Resumen.....	1
Introducción .....	1
Antecedentes .....	3
Justificación .....	3
Hipótesis.....	4
Objetivos .....	4
General:.....	4
Particulares:.....	4
Materiales y Método.....	4
Descripción de área de Estudio .....	4
Muestreo .....	4
Análisis morfométrico y estadístico .....	5
Parámetros ambientales .....	6
Resultados .....	7
Morfometría Clásica.....	7
Clases de talla .....	9
Análisis Procrustes.....	10
Análisis de Canónico.....	11
Tallas.....	11
Localidades .....	13
Análisis de discriminantes .....	17
Tallas.....	17
Localidades .....	20
Sexos.....	24
Parámetros ambientales de cada Localidad.....	24
Temperatura.....	24
Salinidad .....	25
Oxígeno disuelto.....	25
Materia Orgánica en el sedimento.....	26
Sedimentología.....	26

Clasificación del sedimento .....	27
Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS) .....	28
DISCUSIÓN .....	28
Morfometría clásica .....	28
Análisis Procrustes por tallas .....	29
Análisis canónico por tallas .....	29
Análisis Procrustes por localidades .....	30
Análisis canónico por localidades .....	30
Análisis discriminante por tallas .....	31
Análisis de discriminantes por localidades .....	32
Análisis de discriminantes entre sexos .....	35
Parámetros ambientales .....	35
Temperatura .....	36
Salinidad .....	36
Oxígeno .....	37
Cantidad de Materia Orgánica .....	37
Sedimentología .....	37
Conclusiones .....	43
Recomendaciones .....	43
Referencias .....	44
Anexo 1 .....	48
Coeficientes canónicos de tallas .....	48
Coeficiente canónico de Localidad .....	50

## Índice de Tablas

Tabla 1: Comparación múltiple entre altura de valvas .....	8
Tabla 2: Comparación múltiple entre longitud de valvas.....	8
Tabla 3: Comparación múltiple entre el ancho de valvas .....	9
Tabla 4: Número de organismos por clase de talla y proporción de sexos en cada localidad.....	10
Tabla 5: Variación entre grupos de talla, escala por la inversa de la variación entre los grupos .....	13
Tabla 6: Distancias Mahalanobis entre los grupos de talla .....	13
Tabla 7: Distancias Procrustes entre los grupos de talla.....	13
Tabla 8: Variación entre localidades, escala por la inversa de la variación entre las localidades .....	15
Tabla 9: Distancia Mahalanobis entre localidades .....	15
Tabla 10: Distancias Procrustes entre localidades .....	15
Tabla 11: Variación entre tres localidades, escala por la inversa de la variación entre las localidades .....	16
Tabla 12: Distancia Mahalanobis entre tres localidades.....	16
Tabla 13: Distancia Procrustes entre tres localidades. ....	17
Tabla 14: Resultado de la prueba de Tukey en Temperatura .....	25
Tabla 15: Resultado de prueba de Tukey en salinidad.....	25
Tabla 16: Resultado de prueba de Tukey para Oxígeno.....	26
Tabla 17: Cantidad de Materia Orgánica.....	26
Tabla 18: Clasificación del sedimento .....	27

## Índice de Figuras

Figura 1: Mapa de Veracruz y la ubicación de las playas muestreadas.....	5
Figura 2: Localización de los 5 Landmarks y 31 semilandmarks utilizados en <i>D. variabilis</i> .....	6
Figura 3: Análisis y comparación de morfometría clásica .....	7
Figura 4: Análisis de Cassie para todas las poblaciones de <i>D. variabilis</i> .....	9
Figura 5: Análisis Procrustes .....	11
Figura 6: Análisis Procrustes de tallas. ....	12
Figura 7: Análisis canónico de tallas. ....	12
Figura 8: Análisis Procrustes de localidades .....	14
Figura 9: Análisis canónico entre las 5 localidades muestreadas. ....	14
Figura 10: Análisis canónico de 3 localidades muestreadas.....	16
Figura 11: Comparación entre las formas de las tallas 1 y 4 .....	17
Figura 12: Comparación entre las formas de las tallas 3 y 4 .....	18
Figura 13: Comparación entre las formas de las tallas 1 y 2 .....	18
Figura 14: Comparación entre las formas de las tallas 1 y 3 .....	19
Figura 15: Comparación entre las formas de las tallas 2 y 3 .....	19
Figura 16: Comparación entre las formas de las tallas 2 y 4 .....	20

Figura 17: Comparación entre las formas de las localidades Azul y Regatas.....	20
Figura 18 Comparación entre las formas de las localidades Azul y Bayo.....	21
Figura 19: Comparación entre las formas de las localidades Bayo y Regatas .....	21
Figura 20: Comparación entre las formas de las localidades Azul y Camaronera .....	22
Figura 21: Comparación entre las formas de las localidades Regatas y Tecolutla .....	22
Figura 22: Comparación entre las formas de las localidades Bayo y Camaronera .....	23
Figura 23: Comparación entre las formas de las localidades Camaronera y Tecolutla .....	23
Figura 24: Comparación entre las formas de hembras y machos .....	24
Figura 25: Porcentaje de textura de arena en todas las localidades .....	27
Figura 26: Gráfico de ordenación MDS .....	28



## Resumen

*Donax variabilis*, es una especie de donácido, que se encuentra ampliamente distribuido en distintas playas del Golfo de México, debido a su distribución, se plantea que puede haber diferencias morfológicas en las valvas de distintas poblaciones, debido a que las características morfológicas de la concha reflejan el funcionamiento, los modos de vida y el comportamiento de los individuos de la población, siendo básicamente el ambiente el principal estímulo en la variación de la concha en los moluscos, estos estímulos pueden ser de naturaleza fisicoquímica y/o por presencia de un depredador en particular. En este estudio se demuestra que existen diferencias significativas dentro de las poblaciones con relación a la talla y entre las poblaciones con relación a la textura de arena de cada localidad, los análisis que se utilizaron para dicha determinación fueron análisis de morfometría geométrica, análisis canónico y el análisis de discriminantes.

**Palabras clave:** Moluscos, Veracruz, *Donax variabilis*, Morfometría geométrica Simétrica

## Introducción

Los moluscos de la especie *Donax variabilis*, son bivalvos que se encuentra comúnmente en las playas arenosas, en la zona intermareal o litoral, su descripción física básica consiste en un par de valvas de forma triangular que pueden medir de los 15 mm hasta los 25 mm, *D. variabilis* se encuentra ampliamente distribuida en la costa este de Estados Unidos y México (García-Cubas y Reguero, 2007; Luna y To, 2014), esta especie presenta polimorfismo en la pigmentación de sus valvas, que les hace tener múltiples bandas de colores los cuales van desde el rojo hasta el violeta. Esta condición polimórfica no ha sido totalmente determinada ya que se plantean muchas explicaciones, como que el patrón de color está controlado genéticamente, o por factores ambientales, por ejemplo, para regular la temperatura interna del organismo, (Los colores claros para reflejar la luz solar en lugares calurosos y los colores oscuros para absorber la radiación solar en lugares fríos) (Estes y Adamkewicz, 1991).

Sin embargo puede que no sea el único polimorfismo que la especie presente, puesto que las valvas pueden exhibir una gran variación en cuanto a términos de morfología, incluso entre individuos de la misma especie. En los bivalvos la morfología tamaño y forma muchas veces es indicador del ambiente en el que se desarrollan (Soldati, *et al* 2010; Moneva, *et al*, 2014). Según Nava y Severeyn (2011) las características morfológicas de la concha reflejan el funcionamiento, los modos de vida y el comportamiento de los individuos de la población, básicamente el ambiente

es el principal estímulo en la variación de la concha en los moluscos, siendo dichos estímulos de naturaleza fisicoquímica y/o por presencia de un depredador en particular.

En contraste, Donn (1990) aclara que las diferencias morfológicas entre poblaciones o especies usualmente no son resultado de una sola variable en su ambiente, sino del resultado de una gran interacción de variables. Aunado a los factores exógenos (interacciones bióticas y abióticas) la morfología del caparazón de los bivalvos también está asociada a factores endógenos (genéticos y fisiológicos) (Moráis *et al*, 2013; Moneva, *et al*, 2014).

En este sentido, *D. variabilis* puede presentar polimorfismo en la forma de sus valvas en función del lugar en donde habita la población, la finalidad de este estudio es comprobar si existen tales diferencias intraespecíficas entre poblaciones de *D. variabilis* en distintas playas del estado de Veracruz, por medio de la morfometría geométrica.

La morfometría geométrica según Illesca y Toro (2015) es la caracterización cuantitativa, análisis y comparación de la forma biológica, este método involucra la geometría del objeto utilizando puntos homólogos llamados Landmarks o también PAR (puntos anatómicos de referencia). Los Landmarks son localizaciones puntuales biológicamente homólogos entre especímenes, estos contienen información de la orientación y posición de los objetos. Sin embargo al ser los Landmarks localizaciones puntuales son insuficientes para capturar la forma de muchas estructuras para solucionar esta limitante, se utilizan puntos distribuidos uniformemente a lo largo de la estructura o superficie los cuales son conocidos como Semilandmarks (Gunz y Mitteroecker 2013; López, 2015).

Los Landmarks y Semilandmarks posteriormente son transformados en coordenadas, las cuales están dispuestas en un plano cartesiano bi o tridimensional, estas son usadas para construir un “consenso” que representa toda la variación geométrica que existe entre cada individuo, teniendo como objetivo describir y cuantificar patrones de variación en la forma (Illesca y Toro, 2015).

Para crear el “consenso” generalmente se usa más el algoritmo matemático llamado análisis generalizado Procrustes (AGP) en el cual las configuraciones geométricas se superponen de manera matemáticamente óptima utilizando el criterio de los mínimos cuadrados (Jaramillo, 2011), este análisis se basa en tres pasos para remover toda la información no relacionada a la forma. La variación en el tamaño se elimina al ajustar cada configuración de Landmarks de modo que tenga un tamaño de centroide (centro de gravedad de cada figura) igual a uno. La variación en la posición es eliminada mediante el desplazamiento de las configuraciones de tal manera que

comparta la misma posición que su centroide. Finalmente, las configuraciones se rotan hasta encontrar una orientación óptima para cada una de las configuraciones (López, 2015).

## Antecedentes

Hay numerosos trabajos de morfometría geométrica en diferentes familias de bivalvos, por ejemplo:

-Cano-Otalvaro *et al*, en 2012 caracterizaron morfométricamente, por medio de la morfometría geométrica, dos especies de la familia Arcidae, *Anadara tuberculosa* y *Anadara similis*, ambas especies fueron colectadas en nueve zonas diferentes del litoral pacífico colombiano, este trabajo tenía la finalidad de determinar la existencia de diferencias poblacionales entre ambas especies.

-Rufino *et al*, en 2013 se evaluó la variación existente en distintas poblaciones de la especie *Ensis siliqua*, pertenecientes a la familia Pharidae, las cuales se encontraban distribuidas a lo largo de la zona noreste del Atlántico.

-Moneva *et al*, en 2014, analizaron y determinaron si existían diferencias significativas y variaciones en estructuras anatómicas (Landmarks) en ambas valvas en 3 especies de venéridos colectados en un mercado de Filipinas.

-Illesca y Toro en 2015, analizaron por medio de la morfometría geométrica las valvas del complejo de especies *Mytilus edulis* (*M. gallaprovinciales*, *M. edullis* y *M. chilensis*) presentes en el sur de las costas de Chile, con el objetivo de determinar las diferencias morfométricas interespecíficas de las valvas de *Mytilus* spp., y evaluar las diferencias latitudinales en la forma de la valva de *M. chilensis*.

## Justificación

Sin embargo, los estudios de morfometría geométrica en *Donax variabilis* son inexistentes, por lo que este trabajo pretende contribuir a la información que existe sobre esta especie por medio de la morfometría geométrica. Esta especie es abundante en diferentes playas de la región centro-norte del estado, e incluso se puede hablar que presenta algún tipo de explotación local, finalmente la abundancia de estos organismos en las playas es indicador de hábitat de una playa y su habilidad de sostener vida (Luna y To, 2014). Las poblaciones de *D. variabilis* se estudiarán en el estado de Veracruz, en las playas de Tecolutla, El Bayo, Camaronera, Regatas y Playa Azul.

## **Hipótesis**

Si se presentan características sedimentológicas particulares en diferentes playas del estado de Veracruz, las poblaciones *D. variabilis* pueden responder mediante variaciones morfométricas específicas dadas las variaciones del ambiente.

## **Objetivos**

### **General:**

-Determinar si existen diferencias morfométricas entre las poblaciones de *D. variabilis* en diferentes playas del estado de Veracruz.

### **Particulares:**

-Comparar la forma de las valvas mediante morfometría geométrica de cinco poblaciones de *D. variabilis* en diferentes playas en el estado de Veracruz.

-Comparar la forma de las valvas mediante morfometría geométrica de las clases de talla y sexo de las cinco poblaciones.

-Describir algunos parámetros ambientales de agua (temperatura, concentración de oxígeno y salinidad) y de sustrato de las zonas en las que se realiza el trabajo.

## **Materiales y Método**

### **Descripción de área de Estudio**

El estado de Veracruz de Ignacio de la Llave se localiza al centro-este de los Estados Unidos Mexicanos, sobre el litoral del Golfo de México se encuentran las siguientes coordenadas geográficas: Al norte 22° 28', al sur 17° 09' de latitud norte y al este 93° 36' y al oeste 98° 39' de longitud oeste. Veracruz tiene una extensión de 71.826 kilómetros cuadrados (Km<sup>2</sup>) lo cual representa el 3.7% de la superficie del país. Este estado cuenta con 720 km de litorales, que representa el 6.4% del total nacional, La mayor parte de la superficie estatal (54.14%) tiene un clima cálido húmedo con abundantes lluvias en verano (INEGI, 2014).

### **Muestreo**

El muestreo se realizó durante la segunda semana de marzo del año 2016, en las playas de Azul, Tecolutla, Regatas, Bayo y Camaronera (Todas localizadas en el estado de Veracruz) localizadas en la figura 1.



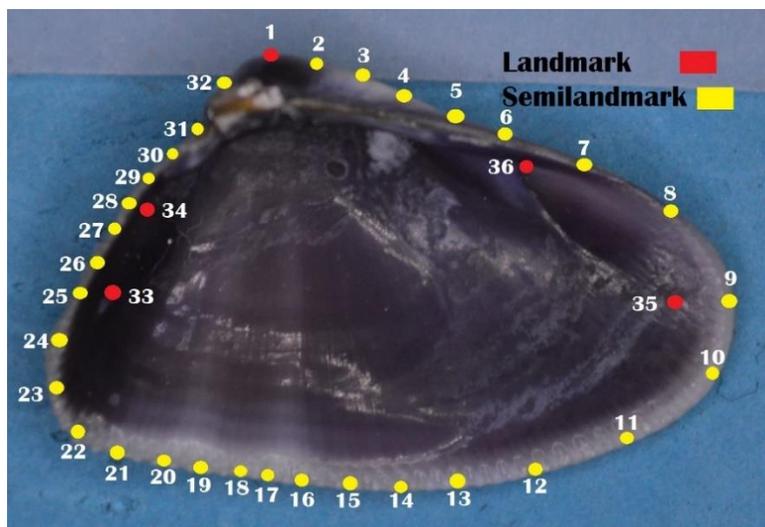
Figura 1. En el mapa se muestra el estado de Veracruz y la ubicación de las playas muestreadas, al norte del estado se encuentran las Playa Azul y Playa Tecolutla, y hacia el sur Playa Regatas, Playa El Bayo y Playa Camaronera.

La colecta de organismos se realizó de manera manual en la zona intermareal, similar a la técnica descrita Darrigran y colaboradores en 2007 para bivalvos de gran tamaño, finalmente fueron fijados con alcohol al 70% para posteriormente llevarlos a laboratorio y realizar etiquetado.

### **Análisis morfométrico y estadístico**

Se tomaron medidas de morfometría clásica (para bivalvos largo, alto y ancho de la testa), de 50 organismos en total para cada localidad, estas medidas se compararon con el programa GraphPad Prisma 5, con el método no paramétrico de Kruskal-Wallis (1952) aunado a la prueba de Dunn, además se determinaron las clases de talla por el método Cassie (1954) tomando como base en el largo de la valva ya que esta medida es la que se utiliza por García-Cubas y Reguero en 2007 y, Luna y To en 2014 para describir a la especie, posteriormente se tomaron fotografías de los organismos con una cámara digital modelo Nikon D-3200. El sexado se realizó con un frotis del corte de gónada de los organismos tal como mencionan Helm, *et al*, en 2006. Se establecieron 5 Landmarks situados el primero de ellos en la parte más alta del umbo, los otros

4 en los límites superior e inferior de las cicatrices donde se insertan los músculos, y 31 Semilandmarks en la periferia que representaron la forma de la valva, los Semilandmarks se establecieron tomando como primer eje el umbo y segundo eje el que tocaban las dos cicatrices inferiores de los músculos, por lo que se obtienen un par de ejes de 90 grados, posteriormente se dividieron estos ángulos a la mitad, hasta obtener 32 radios con ángulos iguales, que representaran la periferia de la valva (fig. 2). Los landmarks y semilandmarks se marcaron sobre la imagen de las valvas utilizando el programa tpsDig ver 2.17 y se analizaron por medio del programa MorphoJ ver 1.06d. donde se realizaron análisis de tipo Procrustes a partir del cual, se obtuvieron estimadores estadísticos como la distancia Procrustes, distancias de Mahalanobis y el coeficiente de  $T^2$ , se elaboró un análisis de componentes principales (ACP) del cual se obtuvieron los porcentajes de variación que permitan visualizar la relación de cada localidad y finalmente se hizo un análisis de discriminantes múltiples (ADM), para obtener una estimación de las diferencias morfométricas entre las poblaciones e estudios y su cercanía entre ellas.



Zona (Z)	# de Landmarks o Semilandmark
Z. Del Umbo	32-3
Z. del Escudo	4-7
Z. del Pie	8-11
Z. ventral Posterior	12-15
Z. ventral anterior	16-23
Z. del Sifón	24-27
Lúnula	28-31
Cicatriz anterior	33-34
Cicatriz posterior	35-36

Figura 2: Localización de los 5 Landmarks (1.-punto más alto del umbo, 33.- cicatriz de inserción superior del musculo de la zona posterior, 34.- cicatriz de inserción inferior del musculo zona de la zona posterior, 35.-cicatriz de inserción superior del musculo de la zona anterior y 36.-cicacriz de inserción inferior de musculo de la zona anterior) y 31 semilandmarks (puntos amarillos) utilizados en *D. variabilis*.

### Parámetros ambientales.

En campo se tomaron registro de temperatura, oxígeno disuelto y salinidad los datos recabados fueron sometidos al test de normalidad de Shapiro-Wilk (1965) y posteriormente analizados con el programa SigmaPlot, por medio de pruebas no paramétricas (prueba de Tukey), además se tomaron muestra de arena, estas muestras fueron retiradas de materia orgánica agregando agua

destilada, las muestras de arena fueron utilizadas para determinar la textura del sustrato por método de tamices (los tamices utilizados fueron del número 12, 14, 16, 18, 25, 30, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 100, 120, 140, 170, 200 y 230 debido a que con estos tamices quedan representadas desde de las texturas de arena muy grande hasta las arenas muy finas), para establecer en que porcentaje presente de cada tamaño de partícula en la arena, además se clasifico la agrupación de los granos de acuerdo a lo que menciona por Montijo en 2005, finalmente se realizó un análisis de componentes principales y análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS por sus siglas en ingles) en el programa Primer 6.

## Resultados

Se analizó un total de 250 individuos, provenientes de las 5 localidades muestreadas (50 por localidad). Los organismos fueron identificados como *Donax variabilis* de acuerdo con la descripción de la especie por García-Cubas y Reguero en 2007, en el Catalogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe.

### Morfometría Clásica

A continuación se muestran los resultados de los análisis obtenidos por morfométrica clásica, en la figura 3, se aprecia la variación en el tamaño de las valvas en cuanto alto (A), ancho (B) y largo (C), en las diferentes localidades muestreadas.

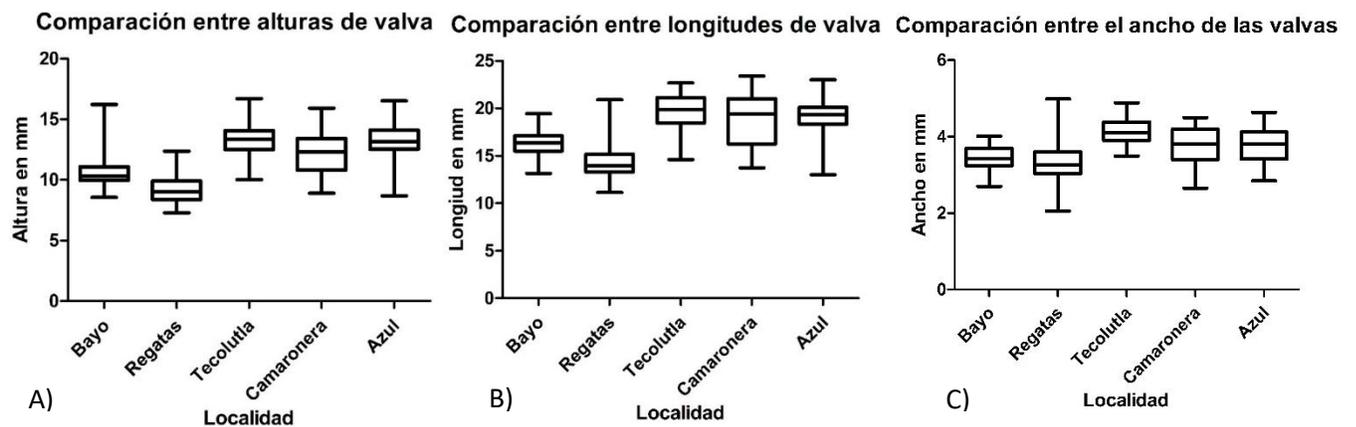


Figura 3: En todos los gráficos se observa que Regatas tiene en promedio los valores mas bajos, seguido de playa Bayo, mientras que las otras 3 Localidades (Tecolutla, Camaronera y Azul), tiene valores mas altos, pero muy similares entre si.

Posteriormente se analizaron con el estadístico de Krusal-Wallis (prueba no paramétrica), complementado con una prueba de Dunn, (comparación múltiple), esta prueba mostro que hay diferencias significativas entre las altura (Tabla 1), la longitud (Tabla 2) y el ancho (Tabla 3) de

las valvas de las diferentes localidades muestreadas, con F 245,4, en el sumario se indica otros valores de P en los cuales (\*=P<0.05, \*\*=P<0.01, \*\*\*=P<0.001, ns= no significativo) .

<b>Comparación múltiple entre altura de valvas</b>			
Localidades	Diferencia en suma de rangos	Significancia P < 0.001	Sumario
Bayo vs Regatas	49,20	No	**
Bayo vs Tecolutla	-95,77	Si	***
Bayo vs Camaronera	-51,95	No	**
Bayo vs Azul	-92,28	Si	***
Regatas vs Tecolutla	-145,0	Si	***
Regatas vs Camaronera	-101,2	Si	***
Regatas vs Azul	-141,5	Si	***
Tecolutla vs Camaronera	43,82	No	*
Tecolutla vs Azul	3,490	No	ns
Camaronera vs Azul	-40,33	No	ns

Tabla 1: En la tabla anterior se muestra la comparación entre la altura de valvas de las 5 localidades, en donde se encontraron que hay diferencias significativas entre la playa de Bayo con respecto a Tecolutla y Azul, y Regatas con respecto a Tecolutla, Camaronera y Azul.

<b>Comparación múltiple entre longitud de valvas</b>			
Localidades	Diferencia en suma de rangos	Significancia P < 0.001	Sumario
Bayo vs Regatas	50,95	No	**
Bayo vs Tecolutla	-88,28	Si	***
Bayo vs Camaronera	-64,55	Si	***
Bayo vs Azul	-74,72	Si	***
Regatas vs Tecolutla	-139,2	Si	***
Regatas vs Camaronera	-115,5	Si	***
Regatas vs Azul	-125,7	Si	***
Tecolutla vs Camaronera	23,73	No	Ns
Tecolutla vs Azul	13,56	No	Ns
Camaronera vs Azul	-10,17	No	Ns

Tabla 2. En la tabla anterior se muestra la comparación entre la altura de valvas de las 5 localidades, en donde se encontraron que hay diferencias significativas de las playas Bayo y Regatas con respecto a las playas de Tecolutla, Camaronea y Azul.

Comparación Múltiple entre el ancho de las valvas			
Localidades	Diferencia en suma de rangos	Significancia P < 0.001	Sumario
Bayo vs Regatas	11,20	No	ns
Bayo vs Tecolutla	-105,8	Si	***
Bayo vs Camaronera	-53,85	No	**
Bayo vs Azul	-52,39	No	**
Regatas vs Tecolutla	-117,0	Si	***
Regatas vs Camaronera	-65,05	Si	***
Regatas vs Azul	-63,59	Si	***
Tecolutla vs Camaronera	51,91	No	**
Tecolutla vs Azul	53,37	No	**
Camaronera vs Azul	1,460	No	ns

Tabla 3. En la tabla anterior se muestra la comparación entre el ancho de las valvas de las 5 localidades, se encontraron diferencias entre el Bayo y Tecolutla, y Regatas con respecto a las playas de Tecolutla, Camaronera y Azul.

Es posible observar que de estos resultados podemos agrupar los datos en dos grupos, el primero (resaltado en las tablas 1 a 3 de color azul) está conformado por las localidades Bayo y Regatas las cuales no difieren entre si compartiendo el rasgo de que ambas localidades tiene organismos de tamaño pequeño, el segundo grupo (resaltado en las tablas 1 a 3 en color verde) está conformado por las localidades restantes (Azul, Camaronera y Tecolutla) las cuales tienen tamaños de organismos muy similares entre ellas pero de mayor tamaño que las encontradas en el grupo 1.

### Clases de talla

Posteriormente se determinaron las clases de Talla y sus rangos de acuerdo al método de Cassie (1954), tomando como referencia la longitud de la valva de *D. variabilis*, que dieron como resultado 4 clases de talla tal como se muestra a continuación.

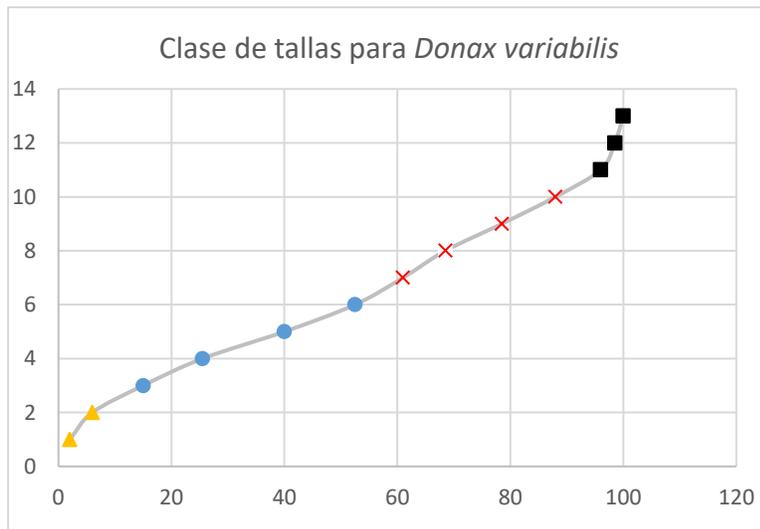


Figura 4: Análisis de Cassie para todas las poblaciones de *D. variabilis*, en el cual se muestra que se dividen en 4 clases de talla diferentes, la talla 1 va de los 11.1 a los 13mm y está marcada en el gráfico con el símbolo "▲", posteriormente la talla 2 va de 13.1 a los 17mm en el grafico está señalado por "●", la talla 3 va de los 17.1 a los 22mm y en el gráfico se encuentra como "×", finalmente la talla 4 va de los 22.1 a los 24mm y está representado con "■".

También se generó una tabla con las tallas, el número de organismos y la proporción de sexo que se encontró en cada estación de muestreo.

Localidad y nomenclatura	Número de Organismos por clase de talla				Proporción De Sexos por localidad	
	Talla 1 (11.1-13mm)	Talla 2 (13.1-17mm)	Talla 3 (17.1-22mm)	Talla 4 (22.1-24mm)	Machos	Hembras
Bayo (Bay)	0	35*	15	0	36	14
Regatas (Roy)	11	38*	1	0	21	29
Tecolutla (Tec)	1	5	41*	3	37	13
Camaronera (Cam)	0	15	30*	5	37	13
Azul (Azu)	1	5	41*	3	21	29

Tabla 4. Frecuencia en distintas tallas de valva de *D. variabilis* en cada una de las localidades de Veracruz, en general las clases de tallas más representadas son la talla 2 y 3, en 3 (Bayo, Tecolutla y Camaronera) de las 5 localidades hubo una mayor presencia de machos que de hembras.

En la tabla 4 se destaca la variación entre las localidades, cabe resaltar que en Tecolutla, playa Azul y Camaronera, la talla 3 es la más frecuente, mientras que en Bayo y Regatas la talla 2 es la más frecuente, otro dato que resalta es que Regatas tiene la frecuencia más alta de individuos de la talla 1, además puede observarse que en Bayo, Tecolutla y Camaronera se encontró una mayor proporción de machos que de hembras.

### Análisis Procrustes

Este método es utilizado para reducir la dimensionalidad de los organismos, además de obtener variables de tamaño y forma a partir de coordenadas cartesianas de puntos anatómicos, además en el análisis, la suma de cuadrados Procrustes: 0.07980052994638139, y la suma de cuadrados Tangente: 0.7929066308992588.

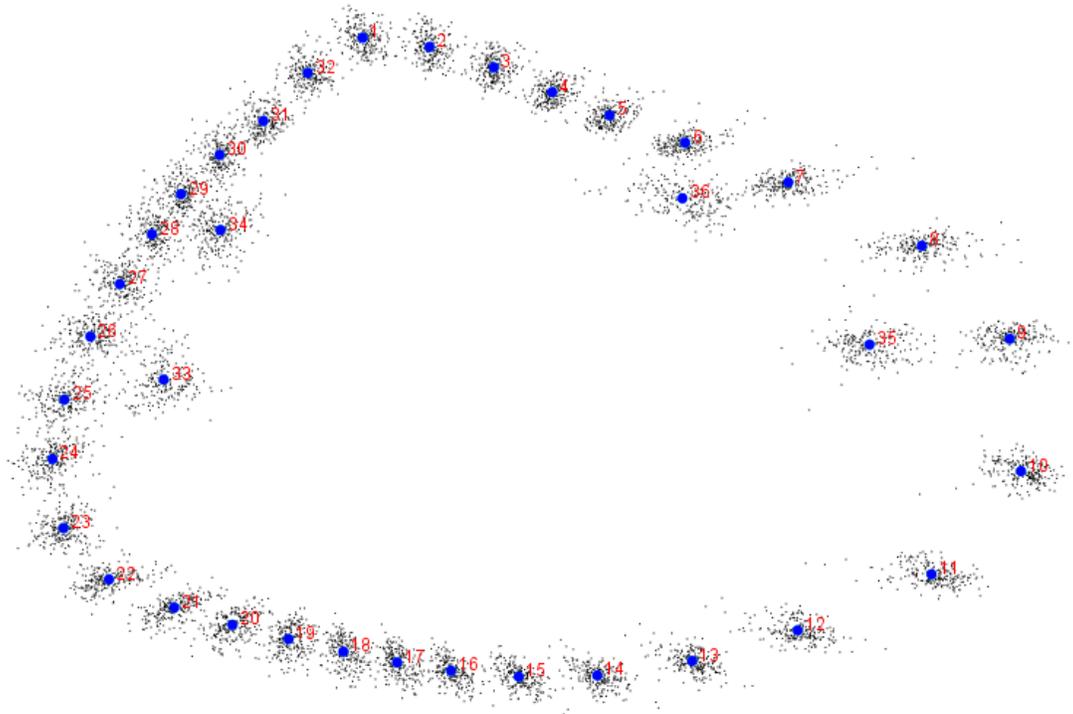


Figura 5: En este gráfico se puede apreciar la variación que existe en la forma de la valva como una nube de puntos cercana a un punto landmark (homologo anatómicamente) o a un semilandmark (de referencia radial), y ambas siguen el patrón descrito por la valva.

## Análisis de Canónico

### Tallas

Se elaboró un gráfico tipo lollipop (fig. 6), comparando la variación de 5 landmarks (puntos 1, 33, 34, 35 y 36), y 31 semilandmarks o rasgos morfométricos entre las 5 poblaciones en el cual es posible observar en cuales landmarks y semilandmarks hay una mayor variación. El grafico está compuesto por un pequeño punto el cual nos indica la media de la posición de todos lo landmarks y semilandmarks y por un pequeño vector el cual tienen una dirección particular, la cual está en función de la media de todas las variaciones que presentan las localidades, en este análisis en particular se examinan si hay diferencia en la forma de las 4 tallas en las 5 diferentes localidades.

Sus coeficientes canónicos se encuentran en el anexo 1, donde se aprecian las marcadas las zonas con mayor variación.

## Análisis Procrustes de clases de Talla

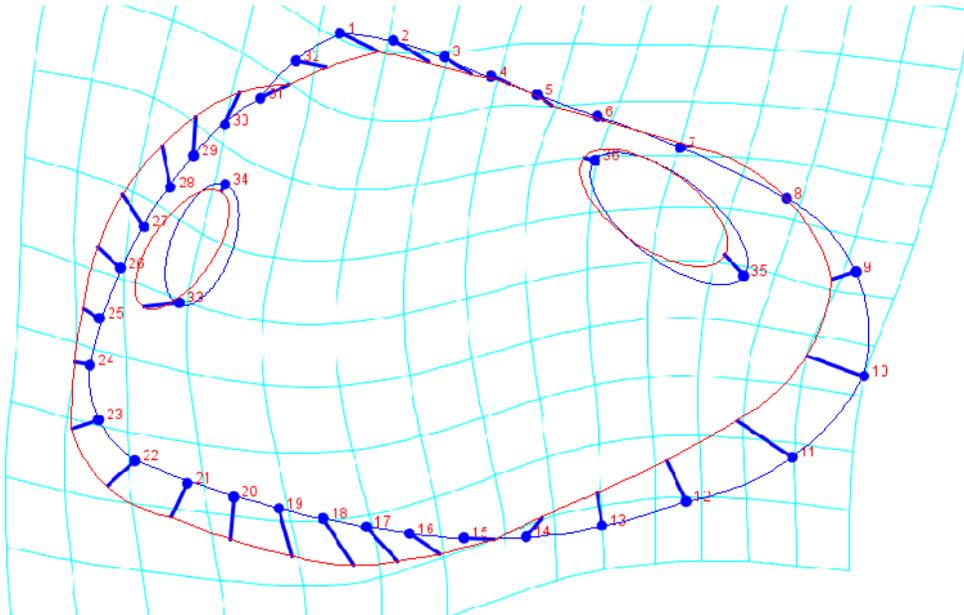


Figura 6: Gráfico tipo "lollipop" todos los landmarks y semilandmarks, donde se analizan las 4 tallas de todas las poblaciones (la línea roja muestra la talla 1 y la línea azul la talla 4) muestreadas de *D. variabilis*, se aprecian fuertes variaciones en las zonas cercanas al pie y los sifones, además de una fuerte variación en las cicatrices inferiores tanto anterior como posterior.

También se generó un gráfico de ordenación canónica (figura 7) donde se muestran las comparaciones entre las cuatro clases de talla de todas las estaciones muestreadas, con la finalidad de corroborar la distancia gráfica entre centroides de cada uno de los grupos de tallas (tabla 5,6 y 7).

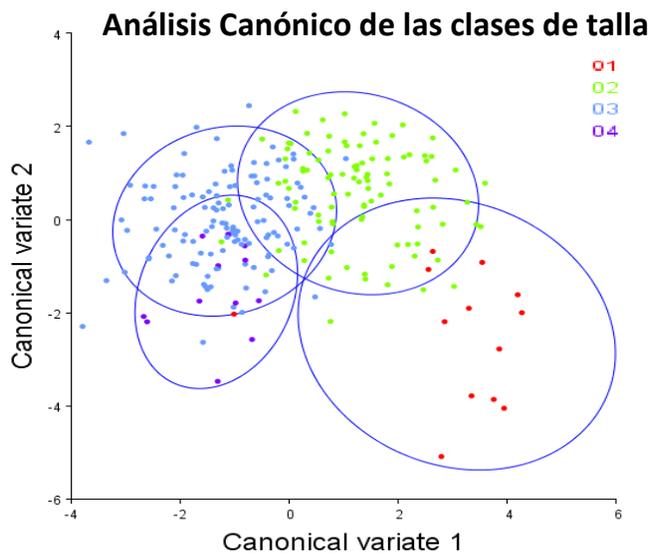


Figura 7: Análisis canónico para *D. variabilis* los cuatro tipos de tallas de todas las localidades muestreadas (Playa Azul, Bayo, Camaronera, Tecolutla y Regatas), se observa que la distancia más grande con respecto a los ejes de ordenación pertenece a las clases de talla 1 y 4.

<b>Variación entre grupos, escala por la inversa de la variación entre los grupos</b>		
Eigenvalores	Porcentaje de Varianza	Porcentaje acumulado
1,95843104	66,367	66,367
0,57597463	19,518	85,885
0,41651757	14,115	100,000

Tabla 5: En esta tabla se puede observar como en los tres primeros ejes se acumula el 100% de la variación.

<b>Distancias Mahalanobis entre los grupos de talla</b>			
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 2	3,7257	-	-
Talla 3	4,9439	2,5839	-
Talla 4	5,6280	4,0023	3,1372

Tabla 6: Distancias Mahalanobis entre los grupos, se resalta que la mayor distancia se encuentra entre la talla 1 y la talla 4, mientras que la menor es entre la talla y la talla 3.

<b>Distancias Procrustes entre los grupos de talla</b>			
	Talla 1	Talla 2	Talla 3
Talla 2	0,0331	-	-
Talla 3	0,0572	0,0285	-
Talla 4	0,0593	0,0291	0,0166

Tabla 7: Distancias Procrustes que existen entre las 4 clases de talla, la mayor distancia se encuentra entre las tallas 1 y la 4, mientras que la menor distancia se encuentra entre las tallas 3 y 4.

## Localidades

Para las localidades también se elaboró un gráfico de tipo lollipop (figura 8), sin embargo aquí se en este análisis solo se tomaron en cuenta las tallas 2 y 3 para obtener la variación que existe entre las 5 localidades sin añadir la variación existente entre las tallas

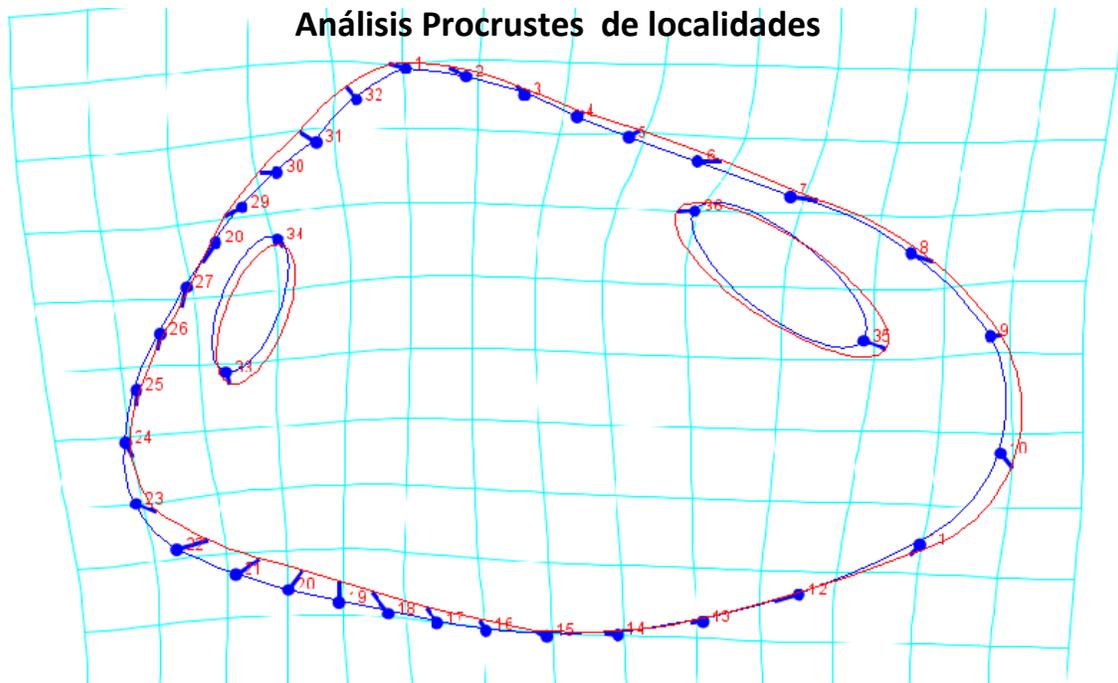


Figura 8: Gráfico tipo "lollipop" todos los landmarks y semilandmark las cinco poblaciones de *D. variabilis*, lo que se destaca en este gráfico es que en todos los landmarks y semilandmarks existe variación, las más importantes están en la zona del pie, la zona ventral anterior, la zona de lúnula y las zonas de las cicatrices.

Posteriormente se elaboraron 2 gráficos comparando las poblaciones de la especie *D. variabilis*, se aprecia la diferencia entre las poblaciones de playa Azul y Playa Regatas (marcada como Roy en el gráfico) (figura 9), en el segundo gráfico de análisis de componentes principales se excluyeron las playas de Azul y Regatas, para corroborar si existe diferencia entre las playas de Camaronera Bayo y Tecolutla (figura 10).

#### Análisis Canónico entre 5 localidades de Veracruz

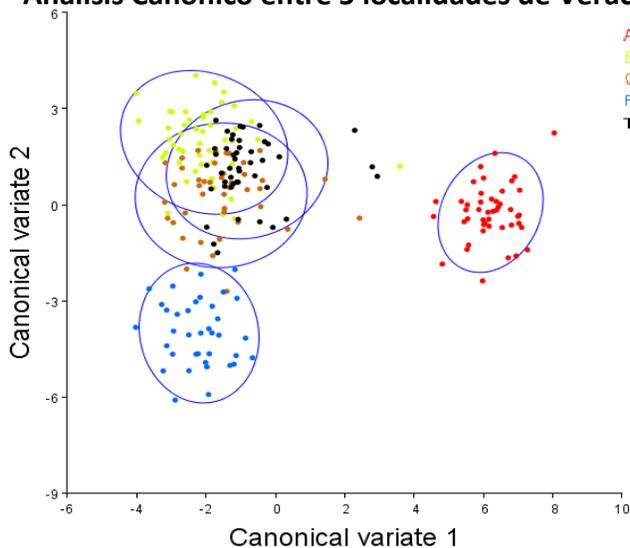


Figura 9: Análisis canónico para *D. variabilis* entre las 5 localidades muestreadas (Playa Azul, Bayo, Camaronera, Tecolutla y Regatas) donde se aprecia que Playa Azul se posee la mayor distancia con respecto a los ejes de ordenación, también se puede observar que Regatas se separa pero de manera más discreta de las demás localidades y por último se percibe como las localidades de Bayo, Camaronera y Tecolutla, quedan distribuidas de manera similar.

<b>Variación entre localidades, escala por la inversa de la variación entre las localidades</b>		
Eigenvalores	Porcentaje de Varianza	Porcentaje acumulado
10,64546649	57,185	57,185
3,89418488	20,919	78,104
2,78935418	14,984	93,087
1,28686101	6,913	100,000

Tabla 8: Porcentaje de acumulación de varianza entre los grupos para los componentes analizados en *D. variabilis*, en los tres primeros componentes se acumula el 93,087%.

<b>Distancia Mahalanobis entre localidades</b>				
	Azul	Bayo	Camaronera	Regatas (Roy)
Bayo	8,7706	-	-	-
Camaronera	8,2630	4,8496	-	-
Regatas (Roy)	9,2220	6,185	5,4788	-
Tecolutla	7,7077	4,8317	3,6784	6,0166

Tabla 9: Distancias Mahalanobis entre las localidades, la mayor distancia se encuentra entre Playa Azul y Regatas, mientras que la menor es entre Camaronera y *Tecolutla*

<b>Distancias Procrustes entre localidades</b>				
	Azul	Bayo	Camaronera	Regatas (Roy)
Bayo	0,0480	-	-	-
Camaronera	0,0432	0,0274	-	-
Regatas (Roy)	0,0591	0,0481	0,0517	-
Tecolutla	0,0389	0,0268	0,0184	0,0552

Tabla 10: Distancias Procrustes entre las cinco localidades, al igual que en la tabla anterior las localidades en donde la distancia es mayor es entre Playa Azul y Regatas, mientras que la menor es entre Camaronera y *Tecolutla*.

### Análisis Canónico entre 3 localidades de Veracruz

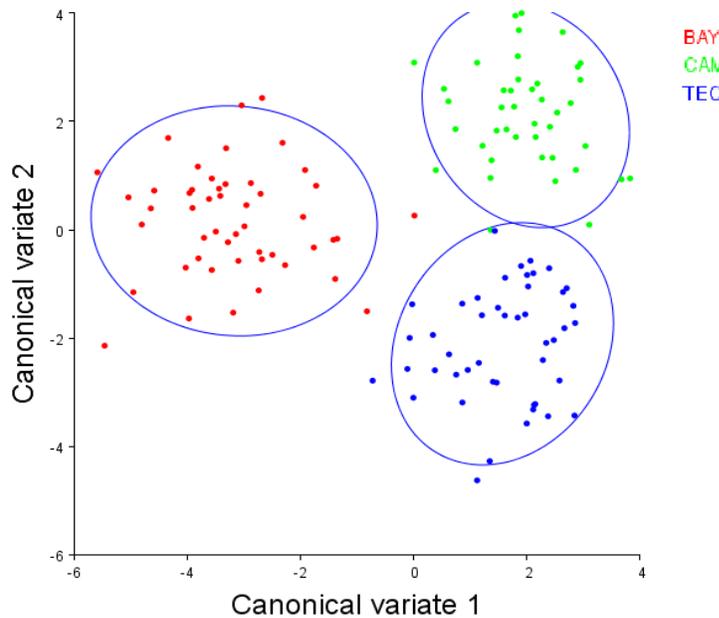


Figura 10: Análisis canónico de componentes principales para *D. variabilis* entre las 3 localidades muestreadas, en el cual se confirma que Bayo tiene una distancia mayor con respecto a los ejes de ordenación en comparación de las dos localidades restantes (Camaronera y Tecolutla).

Variación entre tres localidades, escala por la inversa de la variación entre las localidades		
Eigenvalores	Porcentaje de varianza	Porcentaje acumulativa
5,77049507	66,269	66,269
2,93720761	33,731	100,000

Tabla 11: Porcentaje de acumulación de varianza para los componentes analizados en *D. variabilis*, en los dos primeros componentes se acumula el 100%.

Distancia Mahalanobis entre tres localidades		
	Bayo	Camaronera
Camaronera	5,5212	-
Tecolutla	5,2583	4,2440

Tabla 12: Distancias Mahalanobis entre las 3 localidades (Bayo, Camaronera y Tecolutla), se aprecia que la mayor distancia se encuentra entre las estaciones de Camaronera y Bayo.

Distancia Procrustes entre tres localidades		
	Bayo	Camaronera
Camaronera	0,0274	-
Tecolutla	0,0268	0,0184

Tabla 13: Distancias Procrustes entre las 3 localidades, las localidades entre las que presentan mayor distancia Procrustes son Camaronera y Bayo

### Análisis de discriminantes

Esta prueba tiene la finalidad de describir si existen diferencias significativas entre grupos, en este caso los grupos analizados fueron las cuatro clases diferentes de talla, posteriormente, las diferencias entre las 5 localidades y finalmente entre los dos sexos, mostrando los siguientes resultados:

### Tallas

En los siguientes gráficos (figuras 11 a 16) se muestran variaciones existentes entre las clase de talla empezando por aquellas que más difieren entre si y finalizando con las que son similares.

### Análisis de discriminantes clases de tallas 1-4

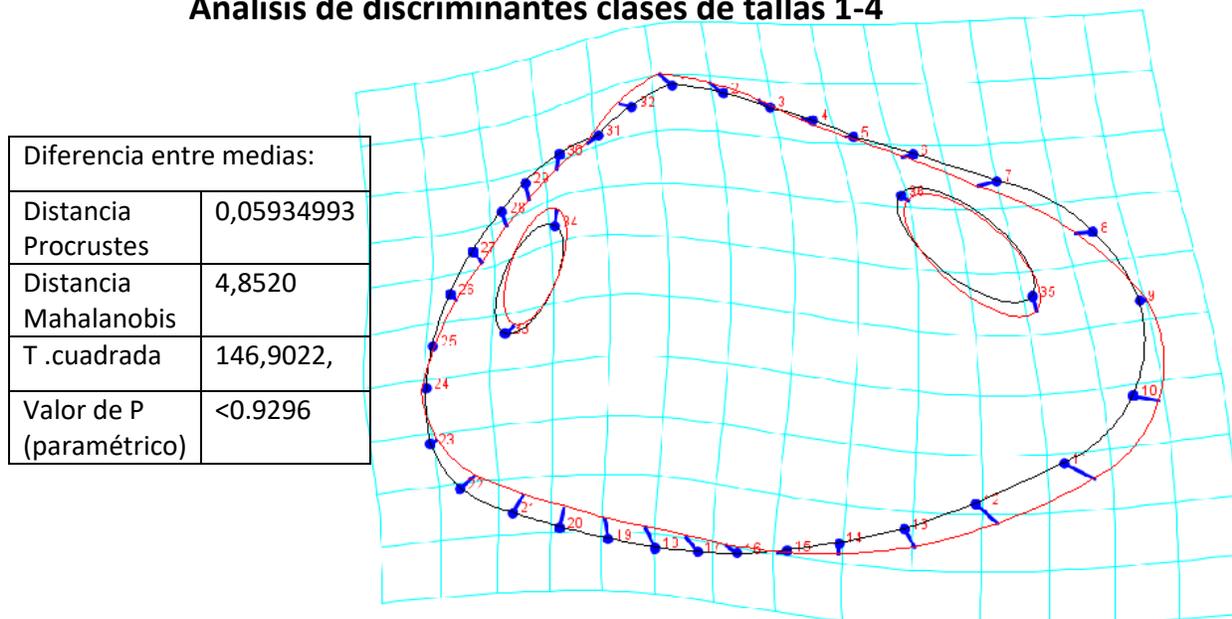


Figura 11: Comparación entre las formas de las tallas 1 (línea negra) y 4 (línea roja), se aprecian diferencias en parte de la zona del escudo, en la zona del pie, parte de la zona ventral posterior, la zona ventral anterior en la zona del sifón y ambas cicatrices.

### Análisis de discriminantes clases de tallas 3-4

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,01659803
Distancia Mahalanobis	3,6185
T .cuadrada	143,2618,
Valor de P (paramétrico)	0,4159

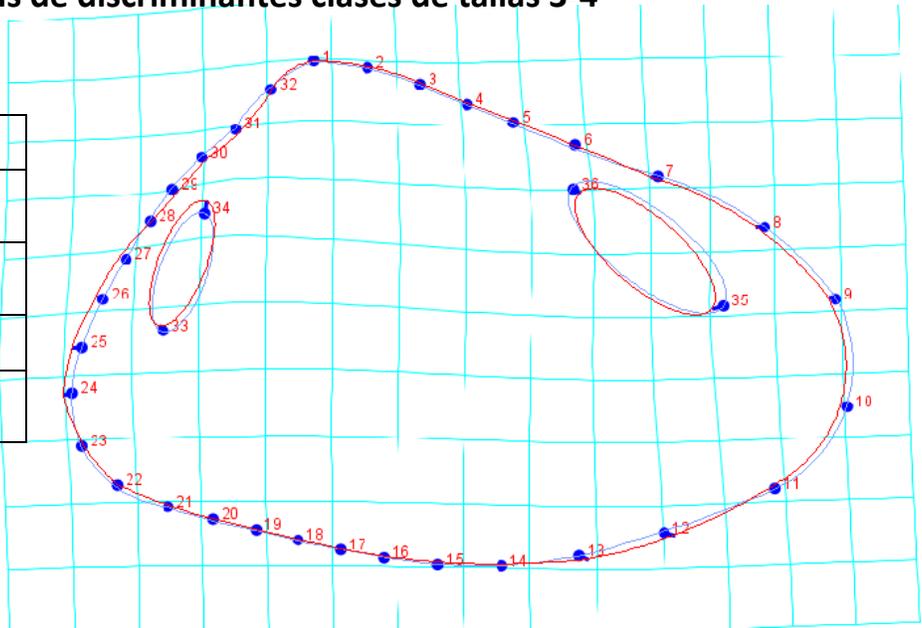


Figura 12: Comparación entre las formas de las tallas 3 (línea azul) y 4 (línea roja), las variaciones no son tan marcadas sin embargo hay variaciones en la zona del sifón, La zona del pie, además de que hay variación en la cicatrices anterior y posterior.

### Análisis de discriminantes clases de tallas 1-2

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,03312591
Distancia Mahalanobis	4,6704
T .cuadrada	249,7465
Valor de P (paramétrico)	0,1405

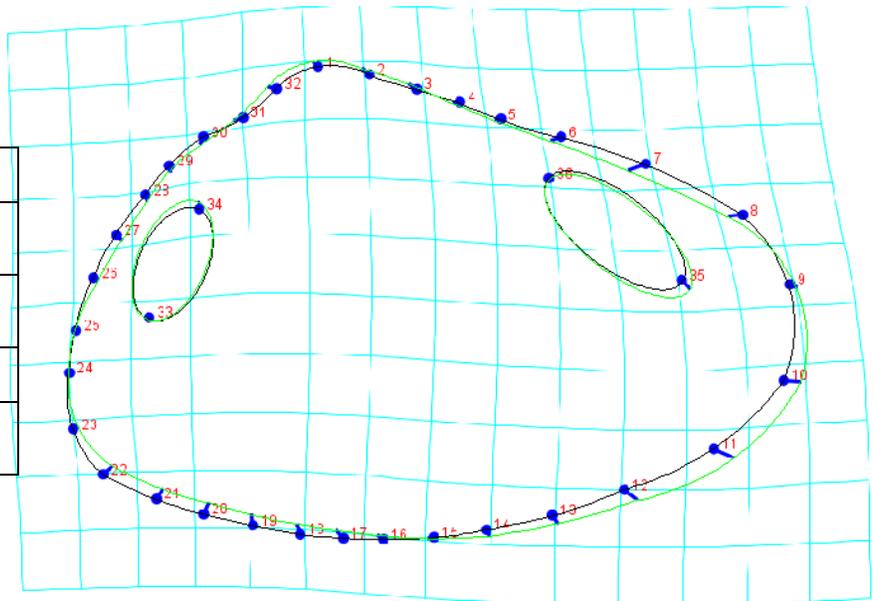


Figura 13: Comparación entre las formas de las tallas 1 (línea negra) y 2 (línea verde), la mayor variación se encuentra en la zona del pie, en la región ventral posterior y anterior y en la marca inferior de la cicatriz posterior.

### Análisis de discriminantes clases de tallas 1-3

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,05723397
Distancia Mahalanobis	7,2498
T .cuadrada	618,4305,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

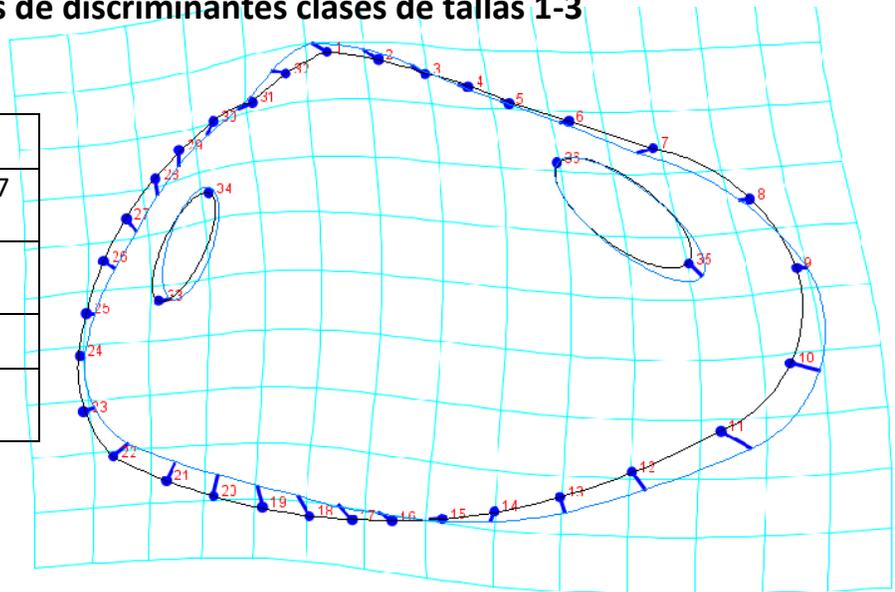


Figura 14: Comparación entre las formas de las tallas 1 (línea negra) y 3 (Línea azul), diferencias significativas se encuentran en la zona del escudo, en la zona del pie, parte de la zona ventral posterior, la zona ventral anterior en la zona del sífon y en la zona inferior de ambas cicatrices

### Análisis de discriminantes clases de tallas 2-3

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,02846994
Distancia Mahalanobis	2,6271
T .cuadrada	373,4458,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

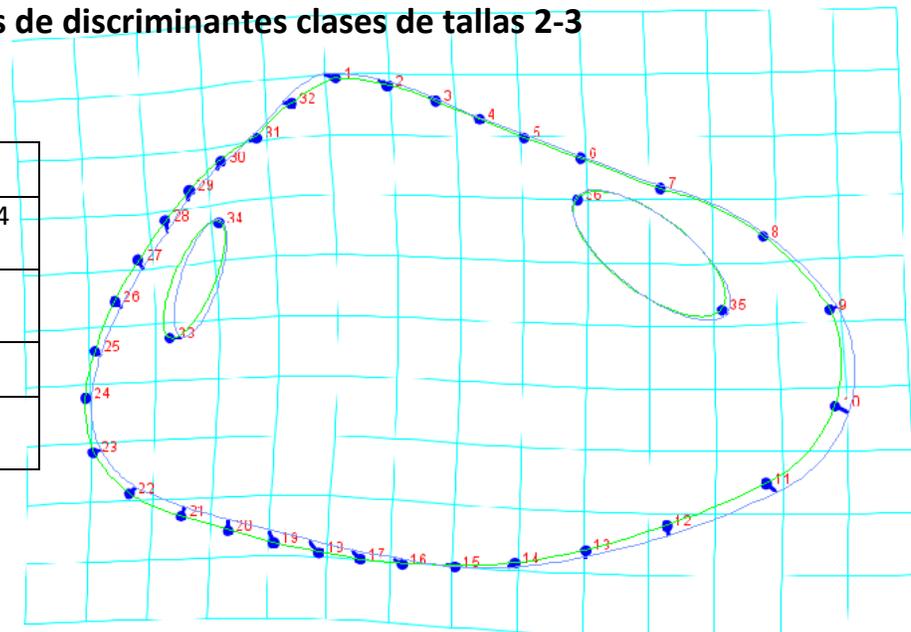


Figura 15: Comparación entre las formas de las tallas 2 (línea verde) y 3 (línea azul), la mayor variación se encuentra en la zona del pie, en la región ventral posterior, en la zona del sífon y en la marca inferior de la cicatriz anterior

### Análisis de discriminantes clases de tallas 2-4

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,02914080
Distancia Mahalanobis	5,4046
T .cuadrada	311,5676
Valor de P (paramétrico)	0,0398

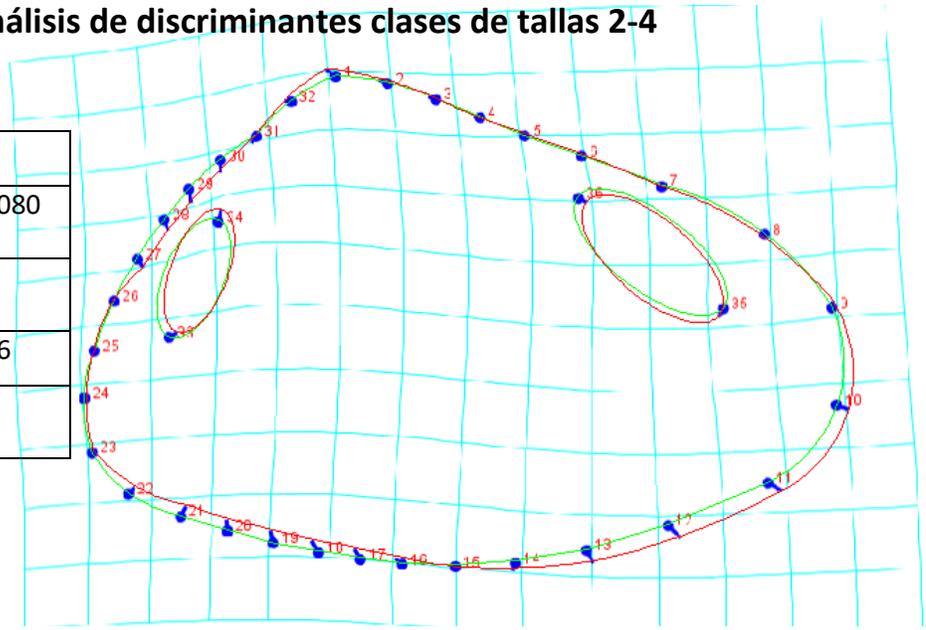


Figura 16: Comparación entre las formas de las tallas 2 (línea verde) y 4 (línea roja), la mayor variación se encuentra en la zona del pie, en la región ventral posterior y anterior y en la marca inferior de la cicatriz posterior.

### Localidades

En los siguientes gráficos (gráficos 17 a 23) se muestran variaciones entre las localidades muestreadas empezando por aquellas que evidentemente difieren entre si y finalizando con las que muestran más similitud.

### Análisis de discriminantes entre localidades Azul-Regatas

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,05914974
Distancia Mahalanobis	35,8178
T .cuadrada	26307,4145
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

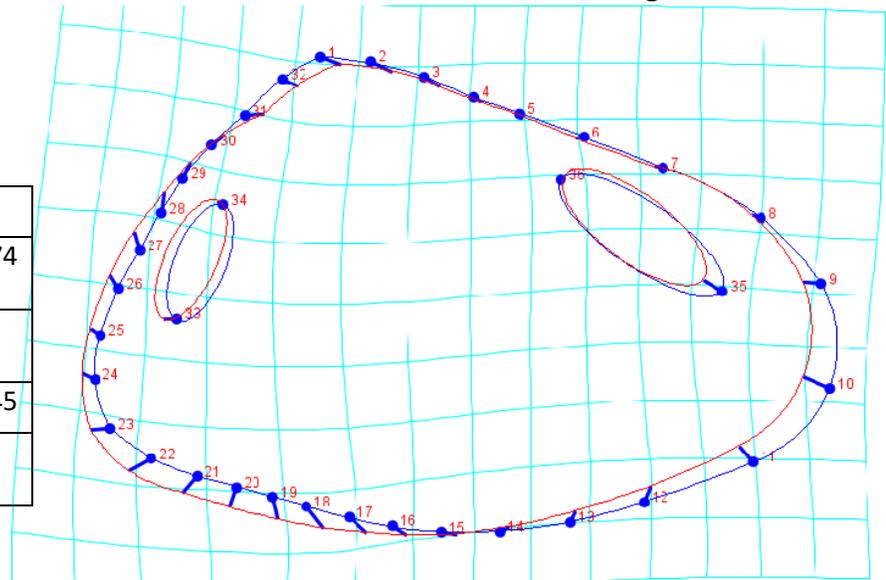


Figura 17: Comparación entre las formas de las localidades Azul (línea Azul) y Regatas (línea Roja), se observa que las variaciones se encuentran en la zona del umbo, la zona del pie. Parte de la zona ventral posterior, y la zona ventral anterior, la zona del sifón y en las partes inferiores de las cicatrices, tanto anterior como posterior.

### Análisis de discriminantes entre localidades Azul-Bayo

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,04508974
Distancia Mahalanobis	11,6992
T .cuadrada	3387,2185,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

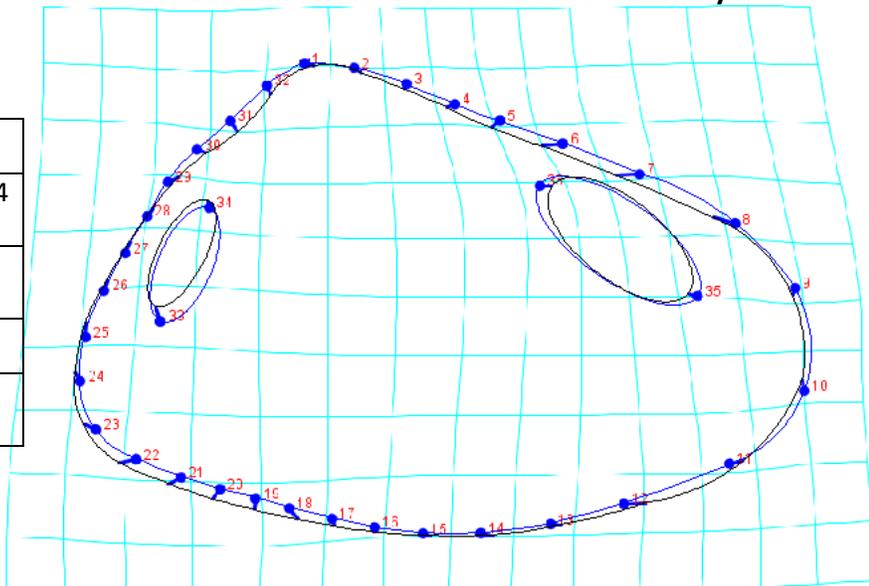


Figura 18 Comparación entre las formas de las localidades Azul (línea azul) y Bayo (línea negra), las mayores diferencias se encuentra en la zona de la lúnula, la zona del escudo, la zona ventral posterior y anterior, y las marca de las cicatrices anterior y posterior

### Análisis de discriminantes entre localidades Bayo-Regatas

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,04808268
Distancia Mahalanobis	18,1019
T .cuadrada	6907,9310,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

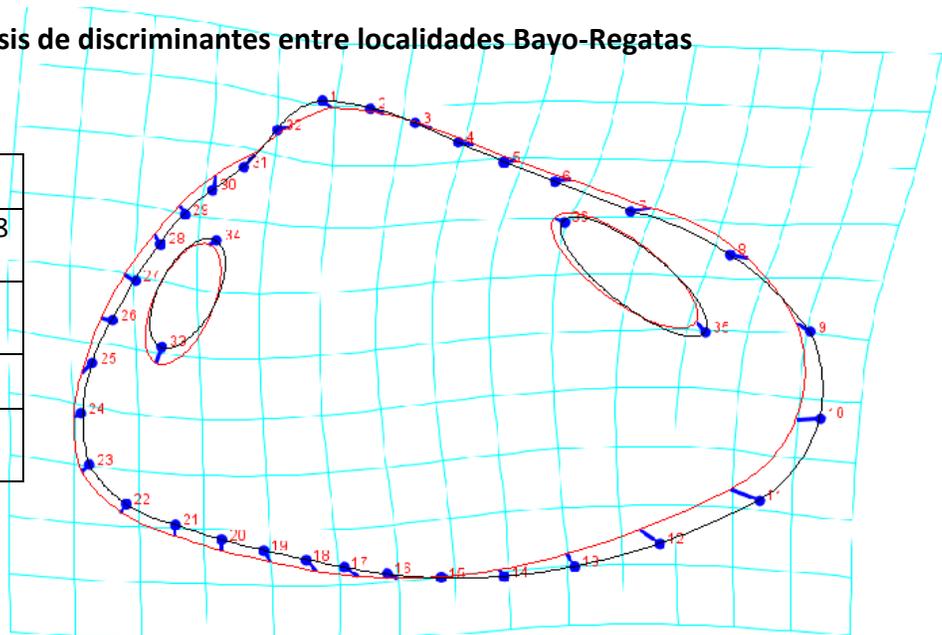


Figura 19: Comparación entre las formas de las localidades Bayo (línea negra) y Regatas (línea roja), se observa que las variaciones se encuentran en la zona del umbo de manera ligera, en la zona del pie se nota la variación más fuerte, finalmente variaciones ligeras en la zona ventral posterior, y la zona ventral anterior, la zona del sifón y en las partes inferiores de las cicatrices, tanto anterior como posterior.

### Análisis de discriminantes entre localidades Azul-Camaronera

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,04317528
Distancia Mahalanobis	13,6494
T. cuadrada	4090,2636,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

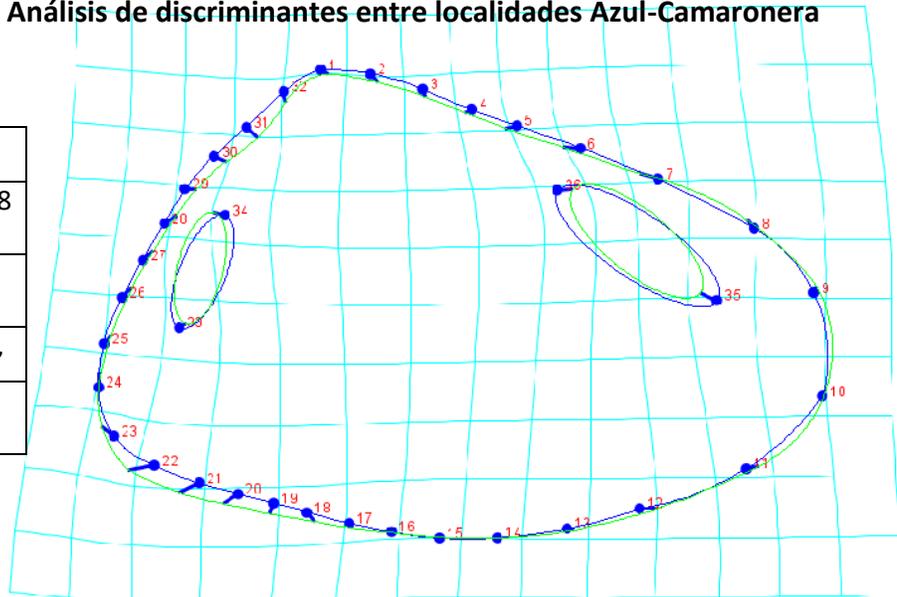


Figura 20: Comparación entre las formas de las localidades Azul (línea azul) y Camaronera (línea verde), las mayores diferencias se encuentran en la zona de la lúnula, la zona ventral anterior y en la marca de las cicatrices anterior y posterior.

### Análisis de discriminantes entre localidades Regatas-Tecolutla

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,05516056
Distancia Mahalanobis	12,4828
T. cuadrada	3195,2728,
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

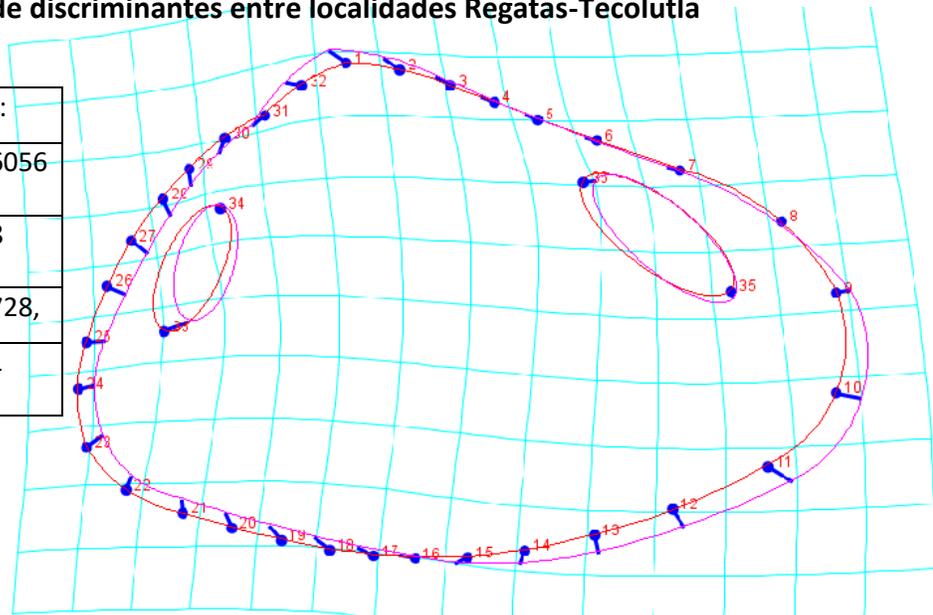


Figura 21: Comparación entre las formas de las localidades Regatas (línea roja) y Tecolutla (línea magenta), la variación más fuerte se encetra en la zona del pie, y hay variaciones menos acentuadas en las zonas del umbo, la zona ventral posterior, y la zona ventral anterior, la zona del sífon, la lúnula y en las partes inferiores de la cicatrices, tanto anterior como posterior.

### Análisis de discriminantes entre localidades Bayo-Camaronera

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,02741842
Distancia Mahalanobis	7,381
T .cuadrada	1233,7871
Valor de P (paramétrico)	<0.0001

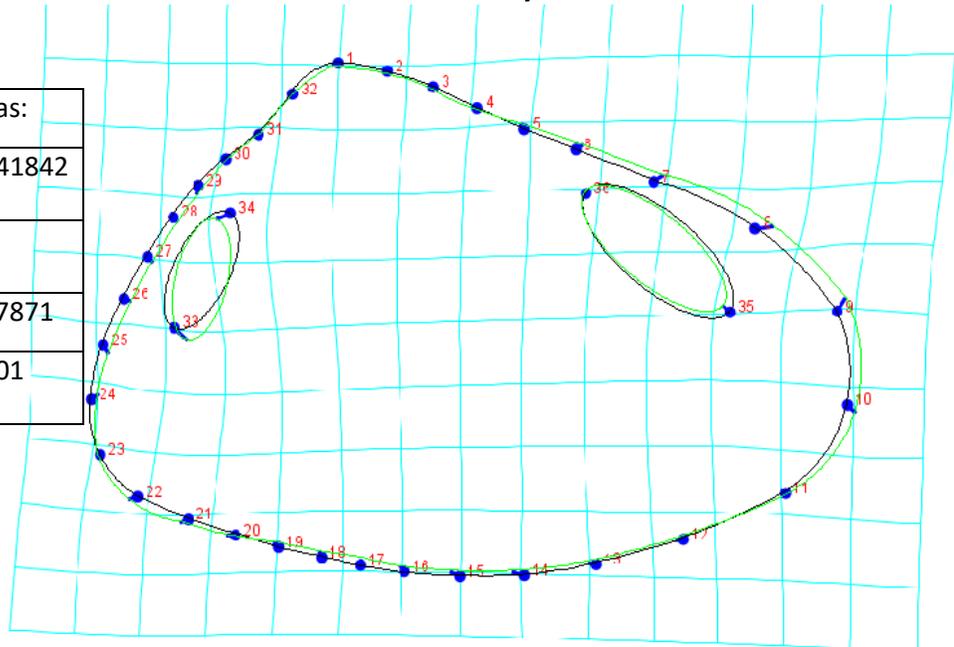


Figura 22: Comparación entre las formas de las localidades Bayo (línea negra) y Camaronera (línea verde), la variación más acentuada se encuentra en las marcas de las cicatrices anteriores de la valva, también existen variaciones poco acentuadas en la zona del pie y en la zona del sifón.

### Análisis de discriminantes entre localidades Camaronera-Tecolutla

Diferencia entre medias:	
Distancia Procrustes	0,01839114
Distancia Mahalanobis	7,7981
T .cuadrada	1335,0688
Valor de P (paramétrico)	<0.0004

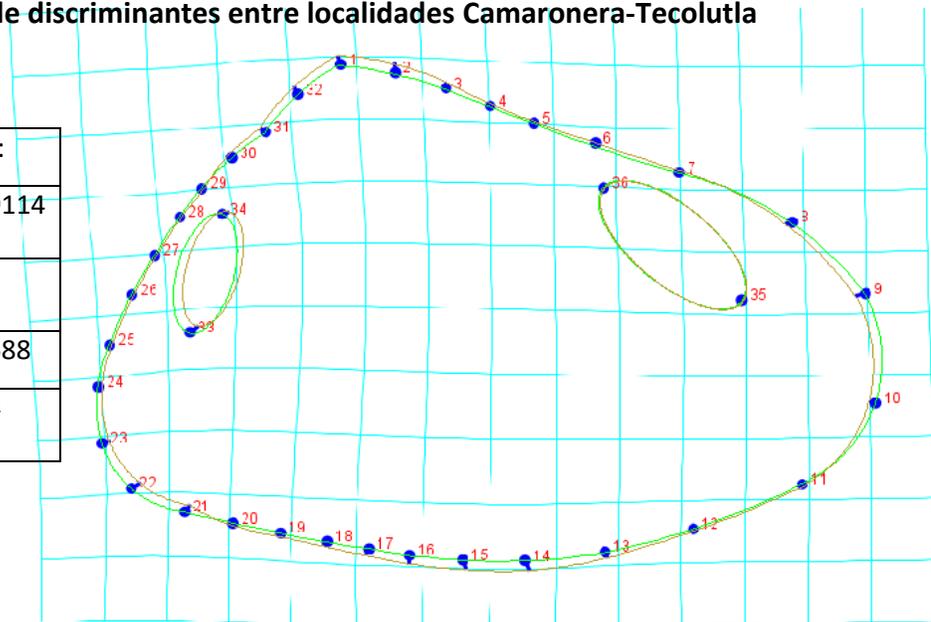


Figura 23: Comparación entre las formas de las localidades Camaronera (línea amarilla) y Tecolutla (línea verde), las variaciones son muy ligeras, están ubicadas en la zona del umbo, la zona del pie, en algunas regiones de la zona ventral posterior, y la zona ventral anterior, y en las marcas de la cicatriz anterior.

## Sexos

En el siguiente gráfico se la comparación entre las formas de la valvas de machos y hembras de todas las poblaciones (fig. 24)

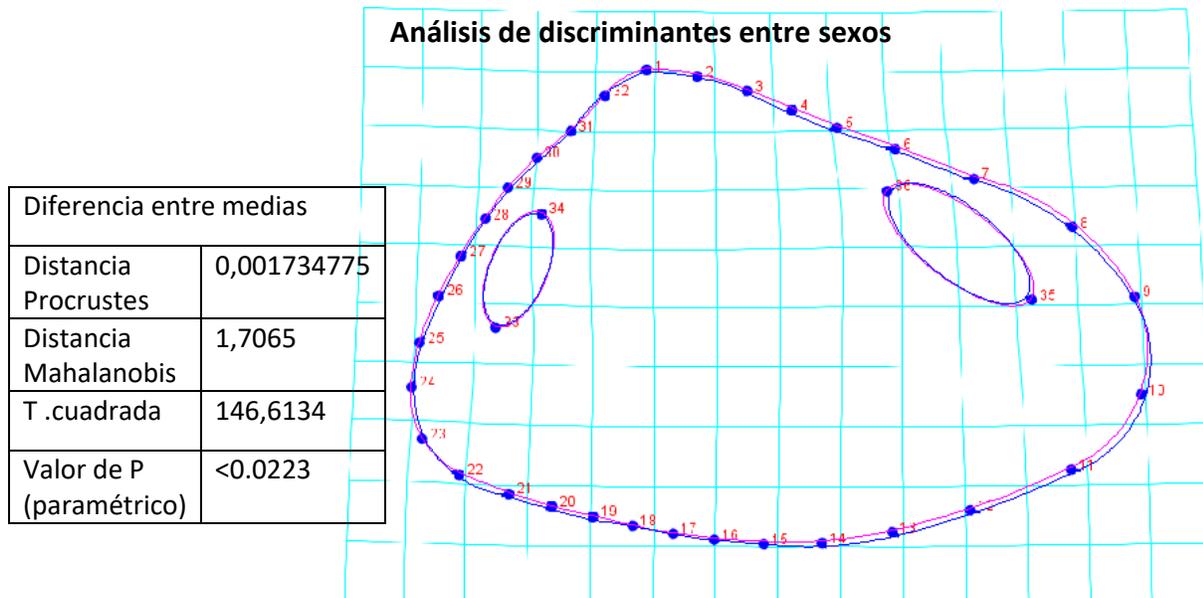


Figura 24: Comparación entre las formas de hembras (línea magenta) y machos (línea azul), se observan ligeras variaciones en la forma de ambas valva y en la cicatriz posterior.

## Parámetros ambientales de cada Localidad

Se muestran los datos de temperatura, oxígeno disuelto y potencial eléctrico (salinidad) total de sólidos disueltos (tds), los cuales fueron sometidos a prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, el único conjunto de datos que paso esta prueba son los de conductividad, posteriormente fueron analizados con prueba de Tukey para comprobar si existían diferencias significativas con un valor de  $P=0.05$  (Tablas 14-16).

## Temperatura

Los promedios en la temperatura en las localidades fueron los siguientes: Azul: 24.4 °C, Bayo: 28.36 °C, Camaronera: 26.34 °C, Regatas: 27.46 °C y Tecolutla: 26.66 °C.

<b>Comparación</b>	<b>Diferencia de Rangos</b>	<b>P&lt;0.05</b>
Bayo vs Camaronera	80.000	Si
Bayo vs Azul	75.000	Si
Bayo vs Tecolutla	70.000	Si
Bayo vs Regatas	25.000	No
Regatas vs Camaronera	55.000	No
Regatas vs Azul	50.000	No
Regatas vs Tecolutla	45.000	No
Tecolutla vs Camaronera	10.000	No
Tecolutla vs Azul	5.000	No
Azul vs Camaronera	5.000	No

Tabla 14: Resultado de la prueba de Tukey para las temperaturas de cada una de las playas, se observa que las únicas playas que tienen diferencias significativas son Camaronera, Azul y Tecolutla en comparación a Bayo la cual es la localidad que tiene en promedio la temperatura más alta.

### **Salinidad**

A continuación se muestran los promedios de salinidad en las localidades: Azul: 26.2, Bayo: 26.58, Camaronera: 25.8, Regatas: 23.6 y Tecolutla: 25.2.

<b>Comparación</b>	<b>Diferencias de Rangos</b>	<b>P&lt;0.05</b>
Bayo vs Regatas	62.500	No
Bayo vs Tecolutla	20.500	No
Bayo vs Azul	12.500	No
Bayo vs Camaronera	4.500	No
Camaronera vs Regatas	58.000	No
Camaronera vs Tecolutla	16.000	No
Camaronera vs Azul	8.000	No
Azul vs Regatas	50.000	No
Azul vs Tecolutla	8.000	No
Tecolutla vs Regatas	42.000	No

Tabla 15: Resultado de prueba de Tukey para salinidad, ninguna de las localidades muestra diferencias significativas.

### **Oxígeno disuelto**

Promedio de porcentaje de oxígeno disuelto en las localidades: Azul: 10.36, Bayo: 9.94, Camaronera: 10.24, Regatas: 10.86 y Tecolutla: 10.11

Comparación	Diferencias de rangos	P<0.05
Regatas vs Bayo	70.000	Si
Regatas vs Tecolutla	66.000	Si
Regatas vs Azul	60.000	No
Regatas vs Camaronera	54.000	No
Camaronera vs Bayo	16.000	No
Camaronera vs Tecolutla	12.000	No
Camaronera vs Azul	6.000	No
Azul vs Bayo	10.000	No
Azul vs Tecolutla	6.000	No
Tecolutla vs Bayo	4.000	No

Tabla 16: Resultado de prueba de Tukey para Oxígeno, solo Regatas presenta diferencias significativas en comparación a Bayo y Tecolutla.

### Materia Orgánica en el sedimento.

Antes de la prueba de tamices se realizó un lavado de las muestras de arena con agua oxigenada, lo cual sirvió como prueba de cualitativa de cantidad de materia orgánica en las muestras de sedimento, entre más efervescente se tornara la muestra mayor contenido de materia poseía, los resultados son mostrados en la tabla 17.

Cantidad de Materia Orgánica				
Azul	Bayo	Camaronera	Regatas	Tecolutla
+	+	+	+++	++

Tabla 17: Para señalar el grado de efervescencia en las muestras, se utilizó el siguiente código: “+” poco efervescente, “++” moderadamente efervescente, “+++” muy efervescente. Se aprecia en la tabla que Playa Regatas presenta la mayor efervescencia (mayor cantidad de materia orgánica), posteriormente se encuentra Tecolutla y finalmente Las playas de Azul, Bayo y Camaronera

### Sedimentología

Posteriormente las porciones de arena que se colectaron para cada playa mostraron diferencias en el tamaño de partículas según la escala de tamaños de Wentworth para análisis de arena, de acuerdo a Muñoz y colaboradores en 2013 (La arena de textura muy grande va de los 1680  $\mu\text{m}$  a los 1000  $\mu\text{m}$ , la textura grande 710  $\mu\text{m}$  a 590  $\mu\text{m}$ , la textura media va de los 420  $\mu\text{m}$  a 250  $\mu\text{m}$ , la arena fina 210  $\mu\text{m}$  a los 125  $\mu\text{m}$ , la arena muy fina de los 105  $\mu\text{m}$  a 62.5  $\mu\text{m}$  y finalmente el limo que es de 50  $\mu\text{m}$ ), en el siguiente gráfico (fig. 25) se muestran las diferencias en los porcentajes de textura de arena en cada localidad, de manera general se observa que la el mayor

porcentaje de arena en todas las localidades se concentra en la arena media, sin embargo las proporciones de textura varían en cada lugar.

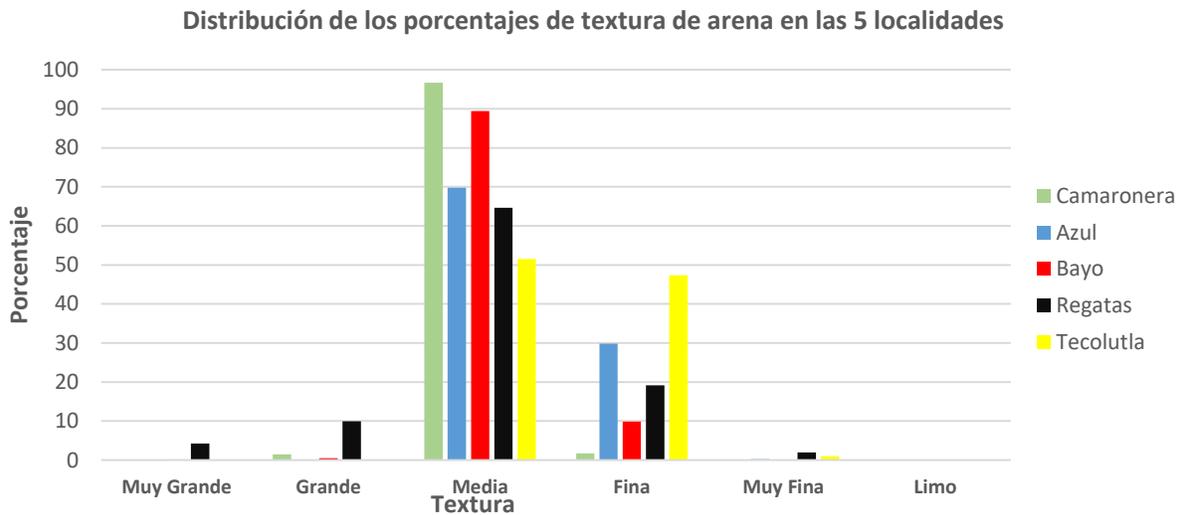


Figura 25: En el gráfico se observa que el mayor porcentaje de textura de arena en todas las localidades es la textura media, seguido de la arena fina, cabe mencionar que las playas más cercanas entre si tienen configuraciones un tanto similares en cuanto a las proporciones de arena, es decir podemos observar que en Playa Azul y Tecolutla (playas ubicadas al norte del estado de Veracruz) predominan las texturas de Arena media y de Arena fina, Mientras que en Camaronera y Bayo, (playas ubicadas en sur del estado de Veracruz), predomina casi en su totalidad la textura de arena Media, finalmente Regatas; (ubicada en medio de todas las localidades anteriormente mencionadas) comparte con las demás localidades, la cualidad de poseer predominantemente la textura de arena media, sin embargo es el único sitio muestreado donde se ven representadas todas las texturas de arena y limo.

### Clasificación del sedimento

La clasificación en cuanto a la agrupación de los granos (Tabla 18), se realizó con base a los resultados obtenidos de los porcentajes texturales de las localidades y se siguieron los criterios de clasificación de Montijo en 2005.

Clasificación del sedimento					
Localidad	Azul	Bayo	Camaronera	Regatas	Tecolutla
Clasificación	3	2	2	5	3

Tabla 18: En esta tabla se muestran las clasificaciones que corresponden a los sedimentos de cada localidad, se utilizó una escala del 1 al 5 para describir su grado de clasificación (1.-Muy bien clasificada, 2.-Bien clasificada, 3.-Moderadamente clasificada, 4.-Pobrementemente clasificada, y 5.-Muy pobrementemente clasificada). Los sedimentos en playa camaronera se encuentran muy bien clasificados, mientras que en Azul, Bayo y Tecolutla, los sedimentos se encuentran bien clasificados, la única localidad con sedimentos pobrementemente clasificados fue Regatas.

## Análisis de Escalamiento Multidimensional (MDS)

Posteriormente se realizó un análisis MSD el cual indica cómo se distribuyen de acuerdo a sus diferencias las texturas de la arena de cada localidad explica de manera clara cuáles son esas diferencias y porque aunque algunas localidades coincidan en su textura de arena, se comporten diferente debido a que la proporción en la que se encuentran las texturas son diferentes (fig. 26).



Figura 26: Gráfico de ordenación MDS se muestra como se distribuye de manera particular cada textura de arena de cada localidad, por lo tanto se observa como Regatas se encuentra en la zona de arenas gruesas y muy gruesas, Camaronera que tiene en su totalidad arenas medias a diferencia de Bayo que tiene una fracción de arenas finas ambas localidades se encuentran en el eje de la textura arena media, finalmente esta Tecolutla que muestra proporciones casi iguales de arenas medias y finas y Azul que muestra una mayor cantidad de arenas medias que de arenas finas, estas dos localidades se encuentra en el eje de textura de arena media y fina.

## DISCUSIÓN

### Morfometría clásica

Los datos (figura 3 y tablas 1 a 3) mostraron que las localidades se pueden dividir en 2 grupos según su talla, el primero conformado por los organismos de las playas Regatas y Bayo, en las cuales se encontró en mayor cantidad organismos de talla “pequeña”, es por esta razón que no existieron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre los resultados de ambos sitios.

El segundo grupo conformado por los organismos de las playas Azul, Camaronera y Tecolutla, los cuales no poseen diferencias significativas entre sí ( $P > 0.05$ ), sin embargo en este grupo este

grupo tiene se encontraron organismos de mayor talla con respecto a los organismos encontrados en playa Regatas y Bayo, cabe resaltar que todos las localidades del grupo 2 tuvieron diferencias significativas ( $P > 0.001$ ) con lo que respecta a las tallas de ancho, alto y largo de la valva de los organismos de playa Regatas, sin embargo Bayo difirió en general con las demás localidades con excepción de Camaronera en donde no hubo diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en altura y ancho de las valvas y en playa azul en donde tampoco hubo diferencias significativas con respecto al ancho de las valvas.

Los resultados obtenidos en morfometría clásica (tabla 4) mostraron que la mayoría de los organismos tienden a poseer una talla en el rango que va de los 13.1mm a los 22 mm, lo cual difiere un poco del el rango de 15 mm hasta 25 mm, mencionado por García-Cubas y Reguero en 2007 y por Luna y To, 2014.

### **Análisis Procrustes por tallas**

En este análisis se observan las diferencias en toda la valva comparando entre las clases de talla (figura. 6), siendo que es evidente un mayor desarrollo en la zona del umbo y del pie en uno de los patrones, mientras que en el otro el mayor desarrollo se encuentra en la zona anterior, la zona del sifón y la zona de la lúnula.

### **Análisis canónico por tallas**

Los resultados del análisis canónico por tallas (figura 7), muestra que las tallas 1 y 4 son diferentes ya que las elipses en el gráfico no se tocan ni se solapan, posteriormente las tallas 1 y 3 muestran diferencias sin embargo sus elipses muestran un ligero solapamiento, este resultado en conjunto a las distancias Mahalanobis (Tabla 6) y la distancia Procrustes (Tabla 7) corroboran que las tallas con una mayor distancia Mahalanobis y Procrustes son las tallas 1 y 4, estos son las clases de talla con mayores diferencias, mientras que las clases de tallas con mayor similitud son la talla 2 y 3 las cuales muestran la menor distancia Mahalanobis y las clases de talla 3 y 4 con la menor distancia Procrustes de todas las comparaciones de grupos, de manera general es evidente que los organismos son más similares al pasar de una talla otra, sin embargo difieren de manera más acentuada en cuanto no se compara con una talla inmediata inferior o superior.

Los resultados anteriores sugieren que *D. variabilis* tiende a un crecimiento alométrico, como mencionan Ocaña y Fernández en su trabajo de 2011, al igual que varias especies del género Donax, como *D. trunculus*, *D. vittatus*, *D. semistriatus*, *D. Venustus*, *D. Serra* *D. Incarnatus*, *D.*

*Parvula*, *D. hanleyanus* lo que indica que este tipo de crecimiento (alométrico) no es exclusivo de la especie *D. variabilis* pero las relaciones alométricas difieren entre especies.

### **Análisis Procrustes por localidades**

En este análisis se corroboró la existencia de diferencias en la valva entre localidades (Figura 8) de manera general se observa que las diferencias se encuentran en la zona de la lúnula, el umbo, el escudo y la zona del pie estando más desarrolladas en algunas localidades, mientras que en otras las zonas más desarrolladas son la zona ventral anterior.

### **Análisis canónico por localidades**

Este análisis se tuvo que dividir en dos partes en la primera (figura 9) se observan cómo se agrupan los organismos de todas las localidades, se puede observar como playa Azul tiene diferencias con las demás localidades y quedando prácticamente como un grupo aislado en el gráfico, Regatas por su parte difiere de la comunidad antes mencionada además de Bayo y Tecolutla, sin embargo su elipse se llega a solapar ligeramente con la comunidad de Camaronera. Finalmente la comunidad Bayo se solapa formando un grupo con de Camaronera y Tecolutla, esta última agrupación se analizó por separado. Lo que resultó en la figura 10 en la cual se observa que la población de playa Bayo es diferente de las poblaciones de Camaronera y Tecolutla. Por otro lado los grupos de Camaronera y Tecolutla alcanzan a solaparse, lo que los convierte en los grupos más similares entre sí.

Las distancias Mahalanobis y Procrustes (tablas 9 y 10) corroboran las diferencias vistas en la primera parte del análisis canónico donde se muestra la mayor distancia están entre todos los grupos de las localidades, en esta comparación Azul posee las mayores distancias Mahalanobis mientras que Regatas posee las mayores distancias Procrustes. Particularmente al comparar las localidades de Azul y Regatas encontramos la mayor distancia Mahalanobis de 9,2220 unidades y la mayor distancia Procrustes con 0,0591 unidades, lo que sugiere que entre estas dos localidades se encuentran las mayores diferencias morfológicas.

Ambas localidades (Azul y Regatas) difieren de sus distancias Mahalanobis y Procrustes con Bayo en donde se presentan las mayores distancias, posteriormente con Camaronera y finalmente con Tecolutla (en donde ambas distancias tienen su menor valor), esto se reduce en que los organismos de playa Azul difieren más (morfológicamente) con los organismos de la

localidad de Regatas, pero ambas localidades conservan similitudes con los organismos que se encuentran en Tecolutla.

En la segunda parte del análisis canónico (tablas 12 y 13) el cual solo contempla las localidades de Bayo, Camaronera y Tecolutla, se observa cómo se comporta la agrupación de estas 3 localidades, en donde se observa que las distancias Mahalanobis y Procrustes más grandes se encuentra entre las localices de Bayo y Camaronera, por tanto existen más diferentes entre ellas que si se compara Bayo y Tecolutla. Finalmente, las menores diferencias se encontraron entre las localidades Camaronera y Tecolutla, debido a que en ambas partes del análisis se observaron las menores distancias Mahalanobis y Procrustes.

Sälgeback en 2006 apunta que las adaptaciones específicas al hábitat para los bivalvos se ven reflejadas en la valva, factores como la presión por depredación, el comportamiento del organismo, el sustrato, el tamaño de arena, etc. (morfo dinámica de la playa), tienen un efecto sobre la morfología de la valva.

### **Análisis discriminante por tallas**

El análisis discriminante por tallas indico que no hay diferencias significativas entra las tallas 1 y 4 (figura 11), 3 y 4 (figura 12) y 1 y 2 (figura 13) ( $p > 0.1$ ), en los dos primeros casos (tallas 1v4 y tallas 3v4) puede deberse a la pequeña cantidad de organismos de talla 4, por otro lado existen diferencias significativas ( $p < 0.0001$ ) entre la tallas 1 y 3 (figura 14) donde las diferencias son altamente notorias y se encuentran en la zona del umbo la zona del pie y parte de la zona ventral posterior, las cuales están más desarrolladas en la talla 3, en contraste la zona ventral anterior y la zona del sifón se encuentra ligeramente más desarrolladas en la talla 1, en cuanto a las inserciones de las cicatrices anteriores es notorio el ligero desplazamiento que sufre la inserción inferior recorriéndose hacia el centro de la valva en la talla 3, las cicatrices posteriores solo la cicatriz inferior tiene un desplazamiento importante en dirección contraria al centro de la valva en la talla 3.

Entre las tallas 2 y 3 (Figura 15) también existen diferencias significativas y se comportan de manera similar a las diferencias entre las tallas 1 y 3, estas diferencias se encuentran en la zona del pie umbo, la zona del pie y la región ventral posterior, las cuales se perciben más desarrolladas en la talla 3, en la zona del sifón y la región ventral anterior la talla 2 se nota más desarrollada, finalmente la marca inferior de la cicatriz anterior se recorre ligeramente hacia el centro de la valva en la talla 3 y la cicatriz inferior posterior también muestra un ligero movimiento

con dirección contraria hacia el centro de la valva. Finalmente existen diferencias significativas entre la talla 2 y 4 (figura 16) con un valor de  $p=0.0398$  las zonas que se notan mayor desarrolladas en la talla 4 son la zona del umbo, la zona del pie y parte de la zona posterior ventral, por otro lado la talla 2 muestra un mayor desarrollo en la zona anterior ventral parte de la zona del sifón y de la lúnula, la cicatriz anterior muestra un ligero desplazamiento tanto en la inserción superior e inferior sin embargo la cicatriz posterior solo muestra desplazamiento en la inserción superior.

Estos resultados en conjunto con el análisis canónico por tallas, indican que las valvas de *D. variabilis* crecen de manera alométrica, por lo que los organismos de menor talla difieren de la forma final de la valva, probablemente muy similar a forma que posee la talla 4, es evidente que las zonas que se modifican constantemente al organismos aumentar de talla son la zona del umbo, la región del pie y la región ventral posterior las cuales se desarrollan, en contraste las zona ventral anterior y la zona del sifón parecen alentar su desarrollo y finalmente en la cicatriz anterior se observa frecuentemente al comparar de una talla a otra más grande la modificación en la inserción inferior la cual se recorre en dirección al centro de la valva, en la cicatriz posterior la inserción inferior se modifica generalmente ubicándose con dirección contraria al centro de la valva.

El crecimiento alométrico ya había sido reportado en la especie *D. variabilis* por Nelson, Bonsdorff y Adamkewicz en 1993 por medio de morfometría clásica, ellos obtuvieron que la relación alométrica entre el alto/largo de la valva es de 0.51, mientras que entre el ancho/largo es de 0.58 y finalmente ancho/alto es de 0.91.

Sälgeback (2006) añade que llevar una larga y gruesa valva es en la mayoría de los casos es una buena defensas contra los depredadores, debido a que el relación de tamaño entre la presa y el predador es crucial para salir del encuentro.

### **Análisis de discriminantes por localidades**

En el análisis de discriminantes por localidades no se muestran todos los resultados de las comparaciones entre las localidades, ya que se optó por mostrar los organismos de localidades con mayor diferencia, organismos de localidades con diferencias intermedias y localidades con organismos similares.

En general las variaciones en la valva aparecen frecuentemente en la zona del pie, en la zona del sifón, a lo largo de la zona ventral y en las cicatrices de las inserciones del musculo, sin

embargo las variaciones no están limitadas solo a estas zonas. A continuación, se describen a detalle las variaciones según las localidades que se están analizando.

Las localidades Azul y Regatas en el análisis de discriminantes (figura 17), es evidente que los organismos de la localidad de playa Azul, poseen una mayor amplitud en las zonas del umbo y del pie, así como la cicatriz posterior, particularmente en la inserción inferior la cual se desplaza de manera importante con dirección hacia la zona del pie, la inserción superior mantiene su posición en los organismos de ambas localidades. La cicatriz anterior no muestra cambio en su amplitud en ambos sitios, solo desplazamientos en ambas inserciones de las cicatrices de los organismos de la localidad de azul, en la inserción superior existe un ligero desplazamiento mientras que en la inserción inferior el desplazamiento es más evidente, ambos con dirección a la zona del sifón. Finalmente en esta comparativa, Regatas posee mayor amplitud en la zona ventral anterior, y en la zona del sifón.

Posteriormente el análisis (discriminante) entre las localidades Azul y Bayo (Figura 18) mostró que los organismos de Playa Azul poseen mayor amplitud en la zona del escudo, de la lúnula y de la cicatriz posterior, la zona del pie posee ligeramente mayor amplitud y la cicatriz anterior cambia ligeramente su posición con dirección a la zona ventral. En la localidad de Bayo la zona toda la zona ventral anterior posee una amplitud bastante notoria, mientras que la zona ventral posterior la amplitud es más tenue.

El análisis entre las localidades Bayo y Regatas (Figura 19) revela que los organismos de playa Bayo poseen mayor amplitud en las zonas del umbo, parte de la zona del pie y la zona central posterior, en la cicatriz anterior ambas inserciones de la cicatrices están ubicadas ligeramente hacia la región del umbo, mientras que las inserciones de la cicatriz posterior las inserciones se ubican hacia la región del pie/zona ventral. En contra parte los organismos de playa Regatas poseen mayor amplitud de en toda la zona ventral posterior llegar a la parte final de la zona de la lúnula.

Por otra parte en el análisis discriminante de las localidades Azul y Camaronera (Figura 20) se aprecia que en Azul existe mayor amplitud en parte de la zona de la lúnula y ligeramente es más amplia la zona del umbo y del escudo, además cabe mencionar que la cicatriz anterior, la inserción superior se ve desplazada con dirección hacia el pie mientras que la inferior está ligeramente desplazada hacia la zona ventral, la forma de la cicatriz para esta localidad (Azul) es más elongada, así como la cicatriz posterior. En Camaronera la zona con mayor amplitud es la

zona ventral anterior, en la zona posterior la diferencia es muy sutil siendo, finalmente la zona del pie es ligeramente más amplia zona del pie.

En el análisis de las comunidades de Regatas y Tecolutla (Figura 21) los organismos de Tecolutla muestran diferencias en la amplitud bastante evidentes en la zona del umbo, del pie (las zonas anteriores son más amplias en Tecolutla) y en la zona de ventral anterior, la zona del sifón y la zona de la lúnula (Zonas más amplias en los organismos de la localidad de Regatas). En lo que respecta a las marcas de la cicatrices, la inserción anterior inferior de los organismos de Tecolutla se encuentra ubicada con dirección hacia el centro de la valva, mientras que la maraca superior se mantiene en el mismo lugar en ambas localidades, esta modificación hace que la cicatriz anterior de la localidad de Regatas sea más elongada, la cicatriz posterior solo muestra ligeras diferencias en ambas inserciones, la inserción superior en la localidad de Tecolutla se ubica con dirección hacia el pie, mientras que la inserción inferior se ubica con dirección hacia la zona ventral.

Las diferencias entre las localidades de Bayo y Camaronera (figura 22) se muestra que la localidad de Camaronera presenta una mayor amplitud en la zona del pie y es ligeramente más amplio en la zona ventral anterior, la cicatriz anterior presenta diferencias en cuanto a su ubicación, ya que la inserción superior está ubicada ligeramente más hacia la zona del sifón mientras que la inserción inferior se está orientada hacia la zona ventral posterior, mientras que en la cicatriz posterior solo la inserción inferior modifica su posición, ubicándose con dirección al umbo, por lo que la cicatriz posterior luce ligeramente menos desarrollada en los organismos de la localidad de Camaronera. La localidad de Bayo los organismos poseen mayor amplitud solo en la zona del sifón.

Finalmente pese a la distancia geográfica los organismos de las localidades Camaronera y Tecolutla (Figura 23), son los más similares entre sí. Los organismos de la localidad de Camaronera poseen una valva ligeramente más amplia en la zona del pie y entre la zona ventral anterior y el sifón, solo la cicatriz anterior posee diferencias ya que en esta localidad ambas inserciones están ubicadas con dirección hacia la zona del sifón, en la cicatriz anterior ambas inserciones permanecen en el mismo lugar en las dos localidades. En la localidad de Tecolutla, las zonas de mayor desarrollo son la zona del umbo y la zona ventral en la parte central.

Los organismos de la comunidad de Regatas llaman la atención por su notoria diferencia y frecuente diferencia con todas las localidades, en zonas particulares como lo es; la en la zona del umbo, zona del pie y la región posterior ventral, las cuales son más angostas que en las valvas

de las demás localidades, la zona del sifón y de la lúnula por el contrario son más amplias en los organismos de esta localidad, finalmente las inserciones de las cicatrices también presentan variación en función a la localidad con la cual se compare.

Además, es importante observar que en las localidades analizadas distantes no necesariamente son aquellos que varían más (menos similitud entre sí) como el caso de Camaronera en comparación a Tecolutla, a diferencia de Bayo en comparación de Regatas donde son diferentes, lo que sugiere que la variación es independiente de la distancia.

Según Ocaña y Fernández 2011 mencionan que una misma especie en diferentes localidades puede tener distintos valores de su coeficiente de alometría, además agregan que la forma estrecha y alargada de la concha es una estrategia adaptativa que favorece la eficacia del enterramiento. Germann y colaboradores (2014) añaden que otra adaptación para la eficiencia de la locomoción a través del sedimento, es el ajustar la forma de la valva al tamaño del grano de sedimento.

Méndez y colaboradores en 1985, añaden que el tamaño de los sedimentos es el parámetro que posiblemente tenga mayor efecto sobre los organismos, ya que de él depende, en gran medida, la cantidad de agua retenida en los espacios intersticiales, además anexo a que *D. variabilis* es comúnmente encontrada en lugares con arena fina, ya que las partículas pequeñas les permiten alimentarse de la materia orgánica adherida a ellas.

### **Análisis de discriminantes entre sexos**

Los autores que describen la morfología de la especie *D. variabilis* (García-Cubas y Reguero, 2007; Luna y To, 2014), coinciden en que no hay un dimorfismo sexual entre los machos y hembras de dicha especie, en la figura 24, se observa que existen diferencias significativas estadísticamente ( $P < 0.0223$ ), pero muy tenues en la forma de las valvas de ambos sexos particularmente en la zona del escudo, la zona posterior ventral, y en marca de las inserciones de las cicatrices posteriores. Esto no difiere totalmente con los autores antes mencionados debido a que las diferencias son imperceptibles a simple vista.

### **Parámetros ambientales**

De manera general son muchos los factores que los que influyen en el crecimiento y forma de la valva Wong y colaboradores en 1997 mencionan que los bivalvos se ven afectados por cambios

en la salinidad, temperatura y pH del agua, y pueden causar en situaciones extremas la inactivación de metabolismo (como en el caso de *Anadara tuberculosa*). Sin embargo, no solo la temperatura, el pH y la salinidad afectan la tasa de filtración de los bivalvos, también influyen directamente la talla del organismo, la concentración de alimento el ritmo de las mareas y la velocidad de las corrientes y el tamaño del sedimento como ya se había mencionado anteriormente.

Con el fin de describir las características ambientales de las localidades, en este estudio se midieron parámetros de temperatura, salinidad, conductividad, concentración de oxígeno, total de sólidos disueltos, cantidad de materia orgánica además de textura y clasificación del sedimento

### **Temperatura**

En cuanto a la temperatura (tabla 14) solo la localidad de Bayo mostro diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) siendo más alta en esta localidad en comparación a las localidades de Azul, Camaronera y Tecolutla. Al comparar las demás localidades no se encontraron diferencias significativas.

Dionicio y Flores (2015) mencionan en su estudio del efecto de la temperatura en *Agopecten purpuratus*, que un ascenso de la temperatura incrementa la mayoría de los procesos fisiológicos de los bivalvos, tal como la tasa de filtración e ingestión, esto puede incrementar el crecimiento y reproducción de los bivalvos, sin embargo el costo metabólico a estas condiciones requiere una fuente de alimento, tanto en variedad, cantidad y calidad para sostener el crecimiento y desarrollo de su población.

Bayo, posee en promedio la mayor temperatura de las localidades muestreadas, pero es el lugar con organismos pequeños, teniendo en cuenta lo anterior podríamos suponer que, en este caso la variedad, cantidad y calidad del alimento no es el adecuado para alcázar una talla mayor.

### **Salinidad**

No se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en cuanto a los valores de salinidad (tabla 16) de las localidades.

Polo y Hernando en 2014 mencionan que la salinidad se considera como uno de los factores más importantes que influyen en el crecimiento y sobrevivencia de los organismos acuáticos, este es un factor ambiental que controla la distribución de las especies e influye en procesos fisiológicos como la tasa de filtración, respiración y excreción de amonio de los organismos marinos.

## **Oxígeno**

Finalmente en cuanto a oxígeno disuelto (tabla 17) solo Regatas tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con las comunidades de Bayo y Tecolutla.

Fuentes y Massol-Deyá (2002) mencionan que el oxígeno es un requisito nutricional esencial para la mayoría de los seres vivos dada su dependencia del proceso de respiración aeróbica para la generación de energía y para la movilización del carbono a la célula fundamental para que los procesos metabólicos puedan llevarse a cabo. Dada las diferencias significativas mencionadas en los valores de oxígeno disuelto, podemos considerar como tipos de ambientes condicionando la respuesta de los organismos en tales condiciones.

## **Cantidad de Materia Orgánica**

Debido a que *D. variabilis* es un organismo filtrador es importante considerar la materia orgánica suspendida en el agua, como se puede observar en la tabla 18 en la localidad de Regatas se encuentra en mayor cantidad de materia orgánica que en las demás localidades, seguido de la localidad de Tecolutla, finalmente las localidades de Azul, Bayo y Camaronera, presenta una menor cantidad de materia orgánica que en las localidades de Tecolutla y Regatas.

En la localidad de Regatas esa mayor cantidad de materia orgánica puede ser explicada por la actividad humana cercana (Turismo, comercio, etc.), ya que en la zona los desagües desembocan trayendo consigo muchos agentes ajenos, principalmente desechos biológicos los cuales propician el crecimiento de diferentes tipos de microorganismos, los cuales no necesariamente benefician el crecimiento de la especie *D. variabilis*.

En el caso de Tecolutla esta localidad tiene de igual manera influencia la actividad humana en las playas, sobre todo por el turismo, sin embargo, probablemente es más importante la influencia que ejerce sobre el lugar el desemboque del río hacia el mar, trayendo consigo agentes ajenos, pero que en caso contrario al de Regatas parecen propiciar el crecimiento de *D. variabilis*.

## **Sedimentología**

En general en todas las localidades predomina la arena de textura media seguida de arena de textura fina, lo que concuerda con lo reportado para las playas de la zona centro de Veracruz por Miranda en 2012, sin embargo la proporción varía en cada localidad como podemos como se puede observar en la figura 25. Tomando en cuenta el porcentaje arena de textura media tenemos que localidad de Camaronera posee la mayor proporción, ya que está conformada en casi su totalidad por arena de textura media con el 96.67% del total, lo demás está repartido entre las

texturas fina con un 1.72%, grande con el 1.48% y muy grande con apenas el 0.10%, la segunda localidad con el mayor porcentaje de arena media es la playa de Bayo, en ella la textura media representa el 89.42% del total, la arena fina representa el 9.83%, la arena grande el 0.51%, la arena muy grande 0.51% y la arena u y fina el 0.03%.

Este par de playas en particular son las localidades más parecidas en cuanto a tamaño de texturas que se encuentran y la proporción lo cual no debería ser raro debido a que son muy cercanas entre sí.

Siguiendo en porcentaje de arena de textura media se encuentra playa Azul, posee el 69.79% de su total en dicha textura, mientras que el 29.81% corresponde a la textura de arena fina, posteriormente la arena muy fina corresponde al 0.27%, la arena muy grande al 0.06% y la arena grande al 0.04%.

La localidad Regatas posee el 64.69% de arena con textura media, el 19.18% de arena fina, el 9.91% de textura de arena grande, el 4.22% de arena muy grande, el 1.92% de arena muy fina y finalmente el 0.05% de limo. Esta localidad tiene la peculiaridad de tener el mayor porcentaje de arenas de textura grande y muy grande de todas las localidades, además es la única playa donde se encuentra representadas todas las texturas de arena hasta llegar al limo.

Finalmente, Tecolutla pose el menor porcentaje de todas las localidades en cuanto a se refiere a arena de textura media con el 51.51%, sin embargo, esta playa tiene la mayor cantidad de arena de textura fina ya que posee un 47.46% de esta textura, el resto está repartido en arena muy fina con el 1.01%, arena grande con 0.10% y limo con solo 0.002%.

Tecolutla es la única playa con dos texturas repartidas en proporciones semejantes, cabe agregar que esta localidad es cercana a playa Azul y que las proporciones en cuanto a textura de Arena son muy diferentes, contrario en lo que pasaba en las localidades de Camaronera y Bayo.

Knox (2000) menciona que el agua de mar es retenida en los espacios entre los granos de arena (intersticios) cuando la marea baja. La calidad y cantidad de agua retenida en el sedimento va en función del espacio de poro disponible este último depende del grado de empaquetamiento y tipo de sedimento. Agrega que en los sedimentos pobremente clasificados existe una menor retención de agua que, mientras que en los sedimentos bien clasificados la retención de agua es mayor, además se tiene que tomar en cuenta que tan inclinada es la pendiente de la playa, esto determina que tan húmedo o seco se conservara el sedimento.

Esparza en 2017 en parte de su trabajo midió la pendiente como porcentaje, de las localidades Azul, Bayo y Camaronera (entre otras), y menciona que playa Bayo (6.6 %) posee la mayor pendiente, seguido de Camaronera (7.4 %) y finalmente Azul (8.6%), este sugiere que por lo menos estas tres localidades son diferentes en cuanto a su pendiente, lo cual afectaría de forma muy particular a los organismos que ahí habitan.

Al comprar los porcentajes de distribución de textura de arena en todas las playas se observa que existen diferencias, sin embargo el análisis MDS (figura 26) se muestran de manera gráfica tales diferencias entre las localidades. Si la distancia es reducida, las playas serán similares, si la distancia es mayor serán diferentes, por lo tanto las playas que Azul y Tecolutla poseen la mayor similitud con respecto a las otras localidades, además ambas playas se ubican en el gráfico hacia la zona donde predominan las texturas de arenas medias y finas.

En cuanto a Bayo posee una menor distancia con la localidad de Camaronera que con las demás playas, además estas dos playas se ubican en el gráfico dentro de la zona donde de la textura media.

Es importante tener en cuenta que playas Azul y Tecolutla son cercanas entre si geográficamente al igual que las playas Bayo y Camaronera lo cual vuelve comprensible que tengan similitudes.

Regatas tiene menor distancia con la localidad de Bayo, además de que geográficamente son playas cercanas, pero el que se ubica en el gráfico en una zona completamente diferente (la zona de textura de arena gruesa y muy gruesa), esto resalta sus diferencias con respecto a las demás playas.

Adicionalmente las localidades de Azul, Camaronera y Regatas poseen mayor distancia, lo que evidencia las diferencias en sus proporciones de textura de arena, por último Azul y Camaronera son las playas más alejadas geográficamente.

En la clasificación del sedimento (tabla 20), se muestra que las localidades de Bayo y Camaronera se encuentran "bien clasificadas" debido ya que prácticamente se encuentran granos de una sola clase (granos de tamaño medio), por supuesto que hay sedimentos de textura muy gruesa, gruesa y fina (en el caso de Bayo hay arenas muy finas) sin embargo la proporción de estas es muy bajo en comparación a la textura predominante. Por otra parte que las playas de Azul y Tecolutla son consideradas como "moderadamente clasificadas" debido a que predominan dos clases de textura diferente (granos de tamaño medio y fino), finalmente Regatas es la única localidad "Muy pobremente clasificada" en cuanto al agrupación de sus sedimentos debido ya que existen sedimentos de tres o más clases, si bien es cierto que predomina los

sedimentos de tamaño medio, en esta localidad es evidente que la proporción de las demás texturas es mayor, esto da la precepción de una playa con una textura menos homogénea en comparación a playas como Bayo y Camaronera.

Según Montijo (2005) el grado de clasificación revela el nivel de energía en el ambiente de depósito. Por lo tanto, se puede inferir que la localidades que tiene un mayor nivel de energía sería playa Camaronera y Bayo, mientras que el que tiene un nivel menor es playa Regatas.

Relativo al tipo de sedimento y la retención de agua, esta determina las características de tixotropía y la dilatancia, las cuales afectan el desempeño de los animales que se entierran en el sedimento. La dilatancia se da cuando el agua comienza a ser drenada de los intersticios debido a la presión que se ejerce sobre los sedimentos, hasta que estos se vuelven un paquete sólido y seco, los sedimentos con estas características se les llama arenas dilatantes, estas son difíciles de penetrar debido a que cuando se aplica presión se solidifican. Los sedimentos tixotrópicos se vuelven más viscosos con la agitación y muestran una reducción de resistencia incrementado el grado de corte en contraste con los sedimentos dilatantes que muestran un incremento en su resistencia (Knox 2000).

Teniendo en cuenta lo que mencionado anteriormente sobre el sedimento y la retención de agua, se pueden considerar que playa Regatas pose sedimentos con características dilatantes, debido a que es una playa con sedimentos pobremente clasificados Knox (2000) explica que en este tipo de clasificación las partículas pequeñas se empaquetan entre los intersticios que dejan las partículas más grandes reduciendo el porcentaje del espacio del poro. Por otro lado las playas como Bayo y Camaronera posen sedimentos con características tixotrópicas, debido a que su sedimento está bien clasificado y que su textura prácticamente media dicho empaquetamiento es casi nulo, en cuanto a las localidades de Azul y Tecolutla por un lado tenemos que son playas moderadamente bien clasificadas donde las textura que están en mayor proporción es la textura media, además de que n una parte importante de la proporción es la arena fina, por lo tanto podemos inferir que existe cierto grado de empaquetamiento en los intersticios sin embargo Knox (2000) menciona que el grado de remplazo de agua perdida por evaporación de la superficie de los depósitos depende del diámetro de los canales entre los granos de arena. Estos canales se hacen más pequeños con el decremento del grano de arena así que la capilaridad aumenta en gran medida en los depósitos finos por lo tanto podríamos esperar que estas playas (Azul y Tecolutla) tuviesen sedimentos que tiende a ser menos tixotrópicos de los encontrados en Bayo y Camaronera.

Finalmente Knox (2000) apunta que se ha demostrado que la velocidad de enterramiento depende del contenido de agua en los sedimentos y la resiste a la cizalla.

Además hay que tomar en cuenta lo que mencionan De la Huz, Lastra y López (2002), los sedimentos grandes ejercen un efecto negativo en la actividad metabólica y la tasa de crecimiento, ya que puede afectar debido al incremento del costo energético y el consumo de oxígeno, la fuerza de cizalla y la cohesión del sedimento son importantes para los bivalvos infaunales, ya que una baja fuerza de cizalla y un reducida cohesión en el sedimento grueso puede incrementar el gasto energético comparado a los sedimentos más finos.

Parecer no ser casualidad que Regatas la cual es una localidad que posee proporciones importantes de arena de texturas grande, además sedimentos pobremente clasificados y la población de individuos de menor talla, mientras que en la localidad de Tecolutla, casi la mitad de la proporción de su textura es de arena fina, y posee los organismos de mayor tamaño ya que de acuerdo con los resultados obtenidos por De la Huz, Lastra y López en 2002, en la especie *D. trunculus*, observaron que los organismos pequeños de esta especie pueden enterrarse más rápida y eficientemente en sedimentos poco compactos y más gruesos, mientras que los organismos de mayor tamaño son más efectivos en su forma de enterramiento el sedimento fino, además sugieren que esta diferencia es causada por el anclaje del pie.

Los bivalvos al enterrarse en el sedimento utilizan dos sistemas de anclado, uno es activo el cual involucra al pie con el que realiza movimientos repetitivos de empujar y jalar, este proceso conlleva un gran gasto de energía, el otro es pasivo e involucra a las valvas con las que evita el retroceso, eso con la finalidad de evitar pérdidas de energía y lograr un proceso a través de sedimento efectivo en los posible. Para lograr esto los organismos enterradores necesitan poseer una forma que maximice su eficiencia de enterramiento denominada como “burrowing sculptures”. Estas “burrowing Sculptures” son adaptativas las cuales otorgan una fricción diferencial cuando se mueven en dirección opuesta al sedimento. Uno de los requerimientos para maximizar su efecto: será proporcional al tamaño del grano de sedimento, esto implica que el desarrollo de la forma debería ser alométrica para mantener un peso absoluto constante y un espaciado a lo largo del crecimiento del organismo. (Sälgeback, 2006; Germann, Schatz y Eggenberg, 2014).

Los resultados de la comparación entre la las localidades de Camaronera y Tecolutla, no mostraban diferencias significativas en la talla de sus poblaciones, en cuanto a la forma de la valvas solo se observan sutiles diferencias y en sus fisicoquímicos solo hay diferencias en su

cantidad de materia orgánica y proporción de sedimentos, esto quiere decir que si los ambientes son muy similares, las poblaciones que habitan en ellos serán muy parecidas, pero que esas ligeras variaciones estarán dadas por las configuraciones particulares de cada localidad.

Cabe agregar que la forma de *D. variabilis* no solo le es adaptativa para su desplazamiento dentro del sedimento puesto que realiza migraciones en función a al cambio en la marea utilizando un método de locomoción llamado “swash-riding” Eilers en 1995 menciona que el movimiento neto de “swash-ride” no solo se controla de manera conductual, sino que también de manera morfológica, debido a que la forma de la almeja hace que se oriente de manera pasiva. Esto puede ser reforzado con lo propuesto por Navas y Severyn en 2011, las características morfológicas de la concha reflejan el funcionamiento, los modos de vida y el comportamiento de los individuos de la población, básicamente el ambiente es el principal estímulo en la variación de la concha en los moluscos.

No se descarta que uno de los factores determinantes en la forma de las valvas sea el factor genético, dada la selección diferencial de características por factores bióticos o abióticos debido al polimorfismo descrito por Estes & Adamkewicz (1991).

Tampoco se descarta un posible caso de adaptación local en alguno de los casos, sin embargo los datos mostrados en este trabajo y la posibilidad de que la dispersión larval en conjunto con las corrientes oceanográficas puede influir en el flujo génico de la especie, manteniendo dicha conclusión en incógnita.

## Conclusiones

-Existen diferencias significativas ( $p=0.001$ ) en la morfología de las valvas y en las medidas morfométricas de los organismos que habitan en distintas playas del estado de Veracruz, principalmente en la zona del pie, la zona ventral anterior, la zona de lúnula y las zonas de las cicatrices.

-Existen diferencias significativas ( $p=0.001$ ) en la morfología de las valvas entre las distintas tallas de *D. variabilis* principalmente en la zona del escudo, en la zona del pie, parte de la zona ventral posterior, la zona ventral anterior en la zona del sifón y en la zona inferior de ambas cicatrices.

-Existen diferencias significativas estadísticas ( $P<0.0223$ ) en la forma de la valva de machos y hembras en la especie *D. variabilis*.

-Las características fisicoquímicas en el ambiente de cada localidad como la temperatura, el porcentaje de oxígeno disuelto, la cantidad de materia orgánica y el sedimento, determinan la forma de las valvas de la especie *D. variabilis*.

## Recomendaciones

-Considerar parámetros de pendiente de la playa y fuerza del oleaje.

-Medir la concentración de Carbonato de Calcio en el agua.

-Emplear un método específico para cuantificar materia orgánica potencialmente aprovechable por la especie *D. variabilis*.

-Utilizar semilandmarks en las cicatrices de las inserciones de los músculos para comprobar si existe variación.

-Realizar estudio complementario del impacto actividad humana y su influencia en el las playas y como afecta a *D. variabilis*.

## Referencias

- Cano-Otalvaro, J. L., Murillo-García, Ó. E., Cantera-Kintz, J. R. y Gil-Agudelo, D. L. 2012. Diferenciación morfológica de las especies de pingua *Anadara tuberculosa* y *Andara similis* (Arcidae) en diferentes bosques de manglar a lo largo de la costa pacífica colombiana mediante morfometría geométrica. *INVEMAR*. 41(1): 47-60.
- Cassie, R. M. 1954. Some uses of probability paper in the analysis of size frequency distribution. *Aust. J. Mar. Freshw. Res.* 5(3): 513-522.
- Darrigran, G., Vilches, A., Legarrade, T. y Damborenea, C. 2007. *Guía para el estudio de macroinvertebrados. 1.- Métodos de colecta y técnicas de fijación*. Buenos Aires, Argentina: ProBiota, FCNyM, UNLP.
- De la Huz, R., Lastra, M. y López, J. 2002. The influence of the sediment grain size on burrowing, growth and metabolism of *Donax trunuculus* L. (Bivalvia: Donacidae). *Journal of Sea Research*. 47(1): 85-95
- Dionicio, A. J. y Flores, M. J. 2015. Efecto de la temperatura en respuestas fisiológicas de la concha de abanico *Argopecten purpuratus*. *Revista peruana de biología*. 22 (3): 329-334.
- Donn, T. E. 1990. Morphometries of *Donax serra røding* (Bivalvia: Donacidae) populations with contrasting zonation patterns. *J. Coast. Res.*, 8(4): 893-901.
- Eilers, O. 1995. Form And Motion of *Donax variabilis* in Flow. *Biological Bulletin*. 189: 138-147.
- Estes, J. H., y Adamkewicz, S. L. 1991. A Comparison Over Time of Two Virginia Populations of the Coquina Clam, *Donax variabilis*. *V Jol. Sci*, 42(3): 321-332.
- Fuentes, F., y Massol-Deya, A. 2002. Nutrientes y gases: Oxígeno Disuelto. En Manual de Laboratorios: Ecología de Microorganismos. Recuperado el 15 de febrero de 2018 de <https://www.uprm.edu/biology/profs/massol/manual/p3-oxigeno.pdf>
- García-Cubas, A., y Reguero, M. 2007. *Catálogo ilustrado de moluscos bivalvos del Golfo de México y Mar Caribe*. México: UNAM. pp. 65.
- Germann, P. D., Schatz, W. y Eggenberger, H. P. 2014. Artificially evolved functional shell morphology of burrowing bivalves. *Paleontologia Electronica*. 17(1) 1-25. Recuperado de <http://palaeo-electronica.org/content/2014/649-artificial-bivalves>

- Gunz, P. y Mitteroecker, P. 2013. Semilandmarks: a method for quantifying curves and surfaces. *Hystrix, J. It. Mamm.* 24(1): 103-109.
- Helm, M. M., Bourne, N., Lovatelli, A. 2006. Biología básica de los bivalvos: Taxonomía, anatomía y ciclo vital. En *Cultivo de bivalvos en Criadero, Un Manual práctico, FAO Documento técnico de pesca. No.471.* Roma. FAO. pp. 19-29.
- Illesca, O. A. F. y Toro, Y. J. 2015. Análisis de la forma valvar entre las especies del complejo *Mytilus edulis* (*M. gallaprovincialis*, *M. edulis* y *M. chilensis*) (Mollusca: Bivalvia) de la costa sur de Chile y en un gradiente latitudinal en *Mytilus chilensis* (Hupe, 1854) utilizando morfometría geométrica. Tesis para obtener el grado de Licenciado en Biología Marina. Universidad austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2014. Aspectos Geográficos. En *Anuario estadístico y geográfico de Veracruz de Ignacio de la Llave*: INEGI. México.1079pp.
- López, G. A. 2015. Morfometría geométrica: el estudio de la forma y su aplicación en la biología. *Temas de ciencia y tecnología.* 19(55): 53-59.
- Luna, M., y To, J. 2014. Animal Diversity Web. Recuperado el 24 de Mayo de 2016, de University of Michigan. Museum Of Zoology: [http://animaldiversity.org/accounts/Donax\\_variabilis/](http://animaldiversity.org/accounts/Donax_variabilis/).
- Knox, A. G. 2000. Chapter 3: Soft Shores. En *The ecology of Seashores.* CRC Press. 87-228
- Kruskal, H. W. y Allen, W. W. 1952. Use the Ranks in one-criterion variance analysis. *Journal of American statistical association.* 260(47): 583-621.
- Méndez, U., M. N., Sous-Weiss, V., & Carranza-Edwards, A. 1985. La importancia de la granulometría en la distribución de organismos bentónicos. Estudio de Playas del Estado de Veracruz, México. *Anales del centro de ciencias del mar y limnología.* 45-56.
- Miranda, M. M., Rocha, R. A. 2012. Estructura de las comunidades de macroinvertebrados intermareales en playas arenosas del centro de Veracruz. Tesis para obtener título de Biólogo. Universidad Nacional Autónoma de México, Estado de México, México.
- Moneva, C. S. O, Blanquiano, P M. L., Blasco Jr, J. O., Borlaza, K. M. E., Burias, D. M. E., Flores, K. A., Fuentes, G. R. E., Pancho, A. G. E., Sanchez, R. R. G. 2014. Comparative morphological descriptions of interior Shell patterns of Venerid bivalves: *Metrix lyrata*,

*Mercenaria mercenaria* and *Venerupis philippinarum* using Landmark-based geometric morphometric Analysis. *AAFL BIOFLUX*. 7 (5): 386-395.

-Montijo, G., A. 2005. Paleontología de rocas detríticas. Recuperado el 10 de noviembre de 2017, de Universidad de Sonora. Departamento de paleontología:

<http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/amontijo/detríticas/elementos.htm>

-Morais, P., Rufino, M. M., Reis, J., Dias, E., & Sousa, R. 2013. Assessing the morphological variability of *Unio delphinus*. Spengler, 1783 (Bivalvia: Unionidae) using geometric morphometry. *J. Moll. Stud.* 80: 17-23.

-Múñoz, I. D.J., Soler, A. A., López, G. F., Hernandez, M. M. M. 2013. Textura del suelo. En *Edafología: manual de métodos de análisis de suelos*. México: Facultad de Estudios Superiores Iztacala. 1era edición. pp. 10-15.

-Nava, F., M. L., y Severyn, V., H. J. 2011. Variaciones morfológicas en la concha de gasterópodos *Pyrgophorus platyrachis* como posible respuesta a factores físico-químicos en el sistema de Maracaibo, Venezuela. *ECOTRÓPICOS*. 24(2): 145-163.

-Nelson, G. W., Bonsdorff, E. y Adamkewicz, L. 1993. Ecological, morphological, and genetic difference between the sympatric bivalves *Donax variabilis* Say, 1822, y *Donax parvula* Philippi, 1849. *The Veliger*. 36 (4): 317-322.

-Ocaña, F. A. y Fernández, A. 2011. Morfometría de la concha de *Donax denticulaus* y *Donax striatus* de dos playas de Cuba oriental. *Rev. Mar.* 3(1): 67-75.

-Polo, O. J. M. y Hernando, C. N. 2014. Efecto combinado de cambios de salinidad y exposición al cadmio sobre las respuestas fisiológicas de *Isognomon alatus* (Bivalvia: Isognomonidae). Tesis para obtener grado de Magister en ciencias-Biología. Universidad Nacional de Colombia, Santa Marta, Colombia.

-Rufino, M. M., Vasconcelos, P., Pereira, F., Fernández-Tajes, J., Darriba, S., Méndez, J., Gaspar, M. B. 2013. Geographical variation in Shell of the pod razor shell *Ensis siliqua* (Bivalvia: Pharidae). *Hegol Mar Res.* 67(1): 49-58.

-Sälgeback, J. 2006. Functional morphology of gastropods and bivalves. *Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology*. Recuperado el 10 de noviembre de 2017, de Uppsala Universitet: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:169465/FULLTEXT01.pdf>

- Shapiro, S. S. y Wilk, M. B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. 53(3): 591-611.
- Soldati, A. L., Jacob, D. E., Bianchi, M. M., Hajduk, A. 2010. Micro estructura y polimorfismo en valvas recientes de *Diplodon chilensis patagonicus* (d'Orbigny 1835). *Gayana*. 74(1): 57-65.
- Wong, E., González, M. I., Florencia, A., Glenn, E. 1997. Efectos de varios agentes, a diferentes niveles de pH; sobre la tasa de la pigua, *Anadara tuberculosa* (Mollusca: Arcidae). *Revista de biología tropical*. 45 (4): 1453-1457.

## Anexo 1

Se muestran los coeficientes canónicos de tallas pertinentes a la figura 5, los recuadros marcados son aquellos que tiene una mayor variación, cada color representa una zona de acuerdo con código de colores siguiente, aquellos recuadros en blanco, son aquellos coeficientes que no presentan variación.

Código de colores	
Zona (Z)	# de Landmarks o Semilandmark
Z. Del Umbo	32-3
Z. del Escudo	4-7
Z. del Pie	8-11
Z. ventral Posterior	12-15
Z. ventral anterior	16-23
Z. del Sifón	24-27
Lúnula	28-31
Cicatriz anterior	33-34
Cicatriz posterior	35-36

### Coeficientes canónicos de tallas

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes al gráfico de lollipop del análisis canónico de tallas (fig. 5), donde los valores más significativos corresponden a los vectores con una mayor longitud.

	CV1	CV2	CV3
x1	198,2909	231,21	74,592
y1	-59,8373	-156,1751	95,8293
x2	-86,8219	-117,2942	-112,7014
y2	-37,7997	2,0494	-60,0014
x3	-129,7692	-17,8063	51,6165
y3	-83,2684	363,0574	43,0952
x4	-112,8558	166,453	-78,279
y4	333,8874	-383,9954	-213,0735
x5	240,4028	-43,8788	486,6404
y5	-272,4217	195,82	-343,9419
x6	77,2839	-8,1951	82,6763
y6	25,6306	-102,7522	220,023
x7	-122,1043	-113,8865	-96,1665

y7	14,2042	-139,3299	-16,6066
x8	28,228	59,5131	-39,3247
y8	96,6002	-99,2016	83,3058
x9	-27,0172	87,719	-28,6288
y9	9,4258	-37,681	37,7117
x10	61,6356	-1,0734	74,3604
y10	52,9912	203,2695	-41,3572
x11	-51,0291	-9,7968	-118,4542
y11	22,211	-113,7378	99,4472
x12	58,3618	115,9398	243,3621
y12	152,5248	332,4822	318,3961
x13	-103,138	98,7281	170,7133
y13	-161,8147	73,9134	-89,7094
x14	-333,4075	81,4885	-339,9771
y14	-138,3663	75,8842	63,9455
x15	207,7812	-744,3197	72,3519
y15	-40,6227	-335,6567	-99,297
x16	12,8513	63,2431	-269,7366
y16	-43,5839	-9,2193	-185,8658
x17	-71,4587	49,5982	201,1567
y17	167,5186	-80,1353	183,0828
x18	-67,4922	158,7762	-227,7704
y18	-49,3841	45,5663	51,6196
x19	254,7724	43,1799	-63,2238
y19	-137,4425	-16,6554	-175,7261
x20	190,5676	12,4889	-21,5413
y20	-230,059	111,5027	140,5737
x21	-48,8488	-100,9587	125,0049
y21	172,5636	-64,4846	-65,1354
x22	-116,696	140,5559	-72,0132
y22	148,2742	-30,7887	56,4258
x23	-140,7742	-29,8808	31,436
y23	155,0504	-90,0875	25,6533
x24	167,6948	-91,1479	-24,8166
y24	-78,7464	31,8855	-276,3557
x25	-37,9466	134,7494	55,2488
y25	-56,6632	-63,2693	15,948
x26	37,3699	32,2949	35,8958
y26	20,9418	169,1682	304,093
x27	-83,9407	96,7268	-54,1618
y27	-193,5727	139,104	-61,3567

x28	-33,9954	-165,1559	83,002
y28	241,708	-239,0803	365,6615
x29	-20,8489	-49,6398	-56,0962
y29	-74,9517	52,4418	-388,609
x30	-68,2851	178,1002	-79,8243
y30	-31,482	130,1857	-62,6894
x31	104,0043	-303,9688	-90,1024
y31	28,2971	-43,5551	-25,6008
x32	28,7195	58,5765	-3,4689
y32	50,9794	10,7966	17,067
x33	-21,5131	2,8746	0,5748
y33	15,795	-19,6325	-26,7163
x34	11,012	-28,2183	-26,89
y34	-17,8815	10,4864	30,3834
x35	2,1171	16,3059	9,422
y35	17,587	-0,4948	-27,8784
x36	-3,1503	-3,301	5,1234
y36	-18,2927	78,3195	7,6584

### Coeficiente canónico de Localidad

En la tabla siguiente se muestran los valores correspondientes al gráfico de lollipop del análisis canónico de localidades, pertinentes a la figura 7, los recuadros marcados son aquellos que tiene una mayor variación, cada color representa una zona de acuerdo con código de colores siguiente, aquellos recuadros en blanco, son aquellos coeficientes que no presentan variación.

	CV1	CV2	CV3	CV4
x1	-43,2801	333,2008	38,3624	151,6575
y1	-178,9873	263,6352	-170,6373	-77,3689
x2	-35,3862	-239,9042	78,0646	170,8782
y2	81,675	21,2058	10,9179	158,2487
x3	66,348	51,0271	-171,4954	-385,2125
y3	88,4121	-47,8404	-1,6933	-127,7602
x4	89,0599	-105,6025	-22,3148	208,4951
y4	-211,3487	-169,6113	108,8671	-239,7829
x5	50,1634	54,3868	134,6154	34,3358
y5	105,6129	-128,8282	-75,3642	338,361
x6	-69,7573	-47,6914	-138,8814	-104,7855
y6	-4,6501	153,1708	137,8384	3,4782

x7	88,2983	-28,6332	61,528	46,512
y7	-3,1335	-133,011	-156,8086	-95,1749
x8	-49,291	-39,4201	-35,7943	62,203
y8	-141,602	81,8658	135,3798	53,689
x9	58,3253	91,9469	-19,783	-115,8351
y9	98,6024	64,4957	-39,8664	58,449
x10	26,4379	-23,409	59,2514	-44,0029
y10	-80,7349	-95,8401	-21,4099	-78,3543
x11	75,3883	50,2681	-43,3269	52,0093
y11	182,1374	16,0685	-39,2387	-106,1379
x12	-71,3232	-42,9746	-38,5512	5,2968
y12	-26,0655	65,2862	-64,306	322,0885
x13	-65,6238	-53,032	-65,7752	-54,9111
y13	66,63	-118,892	43,1992	-79,6862
x14	392,7742	63,9224	94,1768	59,5414
y14	226,3468	-13,1686	6,5105	-322,1921
x15	-225,9775	-17,6371	115,759	67,0365
y15	-157,9212	1,5463	30,0836	49,7748
x16	235,3324	-58,5648	-35,3929	181,5842
y16	-0,6064	-42,7641	83,6817	264,5197
x17	-116,1121	17,1374	-275,0683	-213,3334
y17	-40,9084	68,4474	-117,4766	-46,6357
x18	-393,0916	55,1733	57,0553	33,5938
y18	51,5606	83,8132	-21,9396	-127,7958
x19	-198,0428	-200,3414	78,3756	-8,6637
y19	247,0104	-104,0328	-45,7615	-125,49
x20	-81,2863	-32,876	162,9322	146,6975
y20	-60,0326	109,7263	-105,8603	40,2933
x21	160,3297	58,4052	-25,2931	-208,6086
y21	-100,0012	27,41	63,7481	342,7097
x22	7,6545	37,9722	18,3551	-166,5712
y22	-1,4305	-92,8474	18,2024	235,7095
x23	148,6477	137,4794	20,123	-168,1006
y23	-222,1184	-208,3335	-85,6905	135,4125
x24	-94,609	-61,376	40,3928	159,6438
y24	68,2669	-86,4185	158,4427	-458,6489
x25	54,1809	59,6962	-111,7332	80,3428
y25	-32,3444	77,0483	91,9091	-57,4626
x26	-87,9487	47,7457	94,1959	-209,3361
y26	186,6563	-82,7805	55,6078	-251,0777
x27	41,3978	142,1976	-65,3413	252,7344

y27	-120,824	305,9747	-190,7417	138,2449
x28	80,4409	19,9371	-33,6184	-116,5435
y28	-222,274	40,3846	22,5153	-15,6183
x29	-67,3948	-109,3656	-12,3131	-44,086
y29	99,2608	7,5428	60,7186	-9,3656
x30	49,8763	26,8171	-120,7848	20,5471
y30	100,9535	-104,7849	-74,4254	-73,962
x31	51,8828	-188,3493	72,942	-80,3392
y31	63,8392	-103,2989	-2,9196	-9,347
x32	-56,5171	32,9222	81,9599	134,3862
y32	32,4948	21,804	99,1055	82,341
x33	16,4353	-11,2986	-80,6747	-16,5381
y33	-1,3337	16,909	13,2824	-2,0299
x34	-6,3276	-26,7282	65,3426	33,2628
y34	0,2014	15,2073	-0,3698	-12,7716
x35	-6,5711	-8,1892	5,8231	-5,8275
y35	-12,9533	-5,8528	35,4773	9,4
x36	-24,4337	15,1575	16,8868	41,9368
y36	-80,3904	96,7629	39,022	83,9427