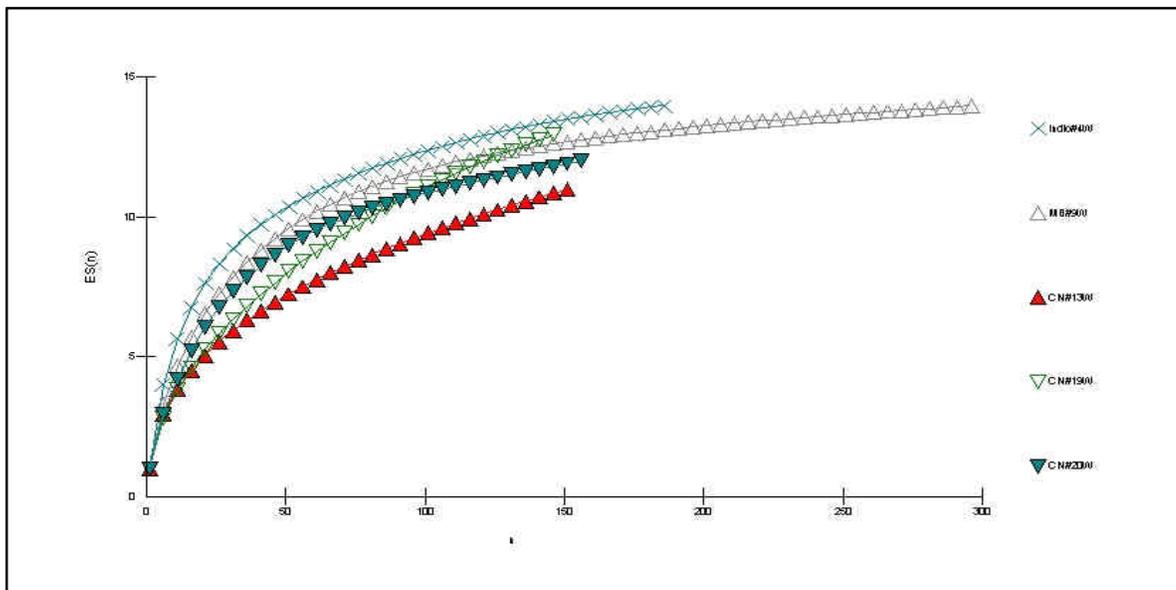


5.1.3.5 PECES

El muestreo se realizó utilizando la pesca eléctrica (electropescador y la pesca artesanal (atarrayas). Los resultados muestran que es necesario capturar al menos 150 individuos para obtener una muestra representativa de las especies locales.

Después de 150 individuos, los registros del gráfico comienzan a nivelarse y la curva se aproxima a límites asintóticos a medida que la expectativa de capturar especies adicionales decrece con más esfuerzo de muestreo. Sin embargo, se recomienda que, como generalización, se capturen 150 a 200 individuos con el electropescador. La pesca con corriente eléctrica es menos selectiva que otras metodologías pero tiene cierto nivel de parcialización (Onorato et. al. 1998, Cowx et. al. 2001). Unos de los factores limitantes con la metodología de choque eléctrico es la visibilidad, ya que la persona con la red de mano tiene que ver el pez aturdido, lo cual puede ser potencialmente problemático durante la estación lluviosa debido a las aguas turbias y lodosas. El electropescador puede potencialmente parcializar la selección de especies y se ha recomendado la utilización de distintas técnicas de muestreos para reducir la subjetividad en el muestreo y obtener una mejor aproximación de la fauna ictiológica. (Onorato et. al. 1998, Penczak et. al. 1998, Cowx et. al. 2001). Para diversificar las técnicas de muestreo, se llevaron atarrayas al campo y se utilizaron cuando los pescadores locales podían ayudar mientras se pescaba con el electropescador.

FIGURA 5.1-22
CURVA DE RAREFACCIÓN UTILIZANDO CINCO SITIOS. E (SN)=NÚMERO ESPERADO DE ESPECIES (EJE Y) CONTRA NÚMERO DE INDIVIDUOS CAPTURADOS (eje X).

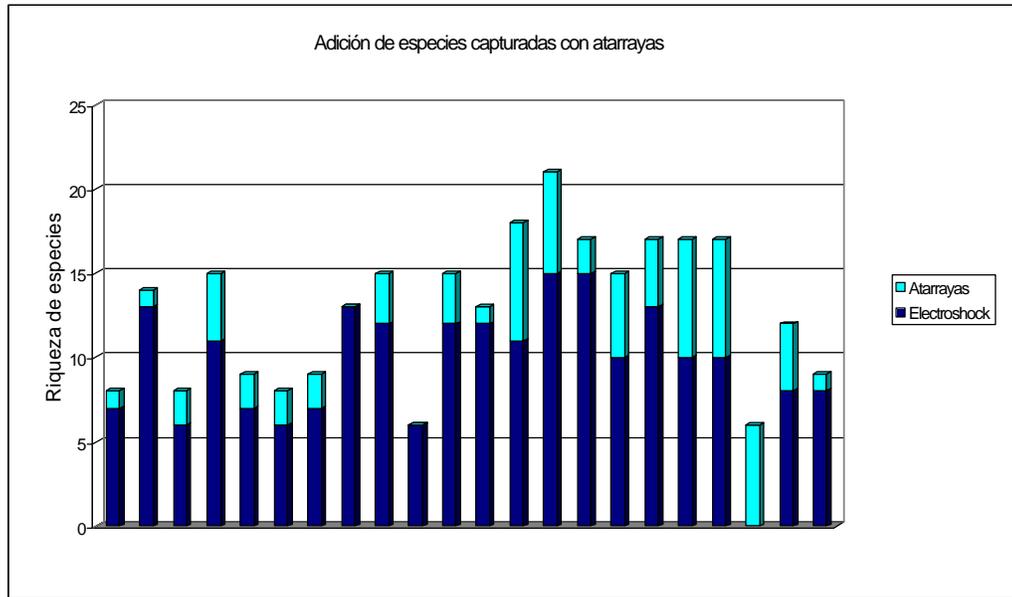


Fuente: Elaborado por el Consorcio

La estrategia probó ser crítica para la obtención de un conteo adecuado de la composición de peces presentes en estos ríos. La diferencia entre el número de especies capturadas con la técnica de choque eléctrico y con las atarrayas fue significativa. (X^2 , $P < 0.05$).

En promedio las redes capturaron un 25% adicional de especies (rango 7-100%). La Figura 5.1-23 muestra la proporción de especies adicionales capturadas con las atarrayas con respecto al choque eléctrico.

FIGURA 5.1-23
COMPARACIÓN DE PROPORCIÓN DE ESPECIES ADICIONALES CAPTURADAS UTILIZANDO ATARRAYAS (CAST NETS) VERSUS PESCA CON CHOQUE (ELECTROSHOCKER) . CADA BARRA REPRESENTA EL SITIO EN EL CUAL SE UTILIZARON AMBAS TÉCNICAS.



Adicionalmente, la eficiencia de la pesca eléctrica en ambientes tropicales puede ser baja debido a la conductividad del agua (Penczak et. al, 1997). Esto solo representa un problema en las pozas si la corriente eléctrica utilizada es débil. La combinación de las redes y el choque eléctrico ha probado ser esencial en la captura de la fauna acuática, ya que las redes pueden ser tiradas en estas pozas que son potencialmente difíciles de muestrear con el electropescador. La diversificación en las técnicas de muestreos en toda la región incrementó la confiabilidad sobre la representación adecuada de peces. Un elemento importante a considerar cuando se utiliza la técnica del electropescador es la movilización de las especies. Se ha sugerido que la capacidad de movilización de las especies representa un problema cuando se utiliza el electropescador (Penczak, et al. 1997). La experiencia en este estudio demuestra que esto, en efecto, ha sido uno de los mayores obstáculos en la obtención de un número representativo de especies en un sitio dado. Las pozas profundas no son una opción, ya que la unidad de poder no puede ser sumergida. Sin embargo, aun en pozas de profundidad moderada, en donde la pesca con corriente eléctrica puede llevarse a cabo, el mayor obstáculo en la captura de los peces es la movilización de las especies.

Algunas especies, como por ejemplo peces de la familia Cichlidae, son peces extremadamente rápidas, lo cual dificulta su captura en las pozas. La facilidad con la cual estas especies escapan en las pozas puede ser apreciada cuando el choque eléctrico inicial alerta al pez a apartarse lejos del radio de acción del choque, donde el pez se refugia y se mantiene fuera de vista.

5.1.3.5.1 DIVERSIDAD POR ESTACIÓN

Los estudios sobre peces de ríos en Panamá se iniciaron a principios del siglo XX, siendo el tema principal la distribución zoogeográfica. Entre los primeros científicos que desarrollaron investigaciones se pueden mencionar a Meek & Hildebrand (1912- 1916), Hildebrand (1928, 1938) y recientemente Loftin (1965). Otros estudios de peces de río que se pueden mencionar son los de Breder (1925), Myers (1927), Behre (1928), incluyendo análisis taxonómico de Fink & Weitzman (1974) y Bussing (1988). Estos investigadores ubicaron 146 especies en 13 familias, las cuales están localizadas en las cuencas que vierten al Océano Pacífico. Estas especies están aisladas en ríos y quebradas que pueden promover la separación evolutiva de los ancestros originales. Los peces de agua dulce pueden clasificarse de acuerdo a su tolerancia fisiológica, a la salinidad y a su origen (Villa, 1982):

- Peces de agua dulce primarios son aquellos que evolucionaron en agua dulce y no toleran agua salobre.
- Peces secundarios son aquellas especies que evolucionaron en agua dulce a partir de grupos marinos y por lo tanto son capaces de tolerar agua salobre.
- Peces periféricos o de transición son peces de origen marino que habitan en agua dulce, ya sea continuamente, esporádicamente o estacionalmente.

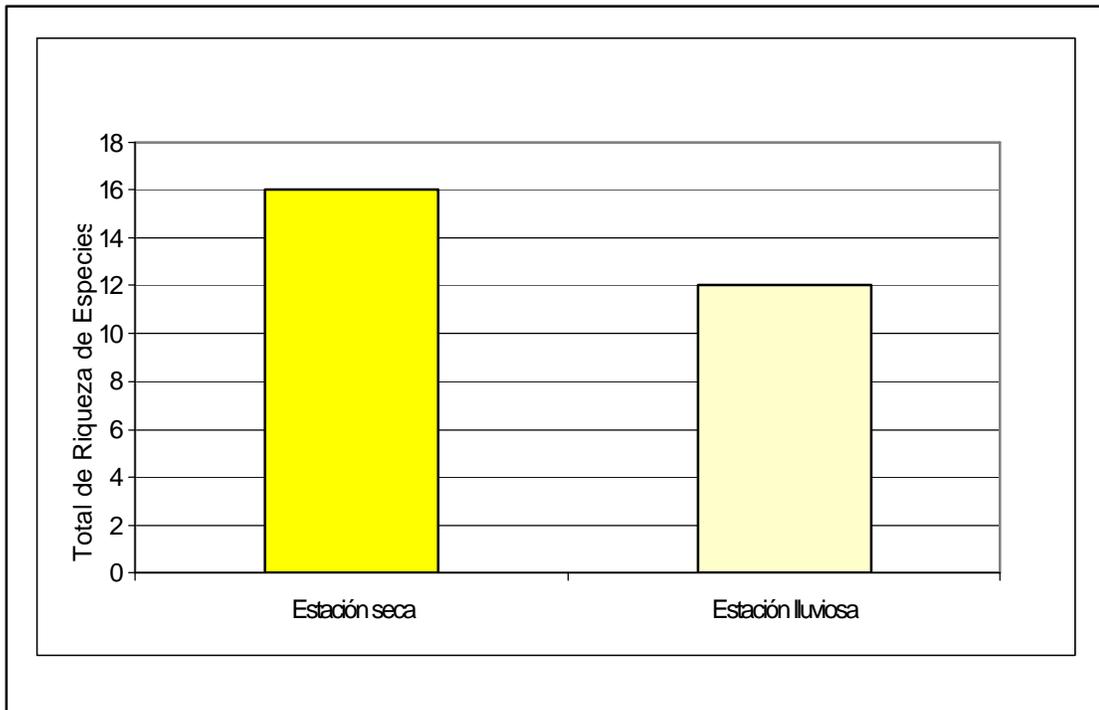
Utilizando la clasificación anterior, se agruparon los peces colectados en este estudio en las categorías fisiológicas apropiadas (primario, secundario, periférico). En el Cuadro 5.1-30 muestra la lista de especies periféricas que se encontraron en la región estudiada.

CUADRO 5.1-30
LISTA DE ESPECIES PERIFÉRICAS COLECTADAS EN LA REGIÓN OCCIDENTAL

Agonostomus	monticola
Anchoa	sp.
Anguilla	rostrata
Atherinella	chagresi
Awaous	banana
Caranx	latus
Eleotris	amblyopsis
Eleotris	psonis
Gobiesox	nudus
Gobiomorus	dormitor
Gobionellus	sp.
Joturus	pichardi
Microphis	brachyurus
Pomadasys	crocro
Pseudophallus	mindii
Sicydium	altum

La Figura 5.1-24 muestra un incremento del 25% en especies periféricas durante la estación seca.

FIGURA 5.1-24
NÚMERO DE ESPECIES COLECTADAS DURANTE LAS ESTACIONES SECA Y LLUVIOSA.



El número de especies periféricas en agua dulce disminuye a medida que la elevación aumenta (Figura 5.1-25).

Después de los 30 m de elevación, el número de especies periféricas disminuye drásticamente. Esto refleja la importancia de las tierras bajas y costeras para las especies periféricas.

No se encontró ningún patrón consistente con preferencia de sitios para estas especies, ya que todos los sitios, con excepción de un sólo río/sitio, presentaron más de una especie periférica durante ambas estaciones de muestreo. El número promedio de especies periféricas fue de 4% por esfuerzo de muestreo.

Un número pequeño de especies tienen ciclos de vida que requieren pasar tiempo tanto en el océano como en agua dulce. McDowall (1987) clasificó estas especies como "diadromos" y definió diadromia como "fenómeno migratorio especializado de peces que requiere migraciones regulares, estacionales o más o menos obligatorias entre aguas dulce y marina":

- *Anguilla rostrata*, una especie que se encontró a elevaciones baja en Coclé del Norte, pasa la mayor parte de su ciclo de vida en agua dulce, pero migra al mar para reproducirse (Bussing, 1998).

- Especímenes de *A. rostrata* se encuentran en agua dulce generalmente entre 0 y 20 m de elevación (Bussing 1998) y en las costas de Bahamas se han encontrado especímenes que migran hasta profundidades de 2000 m en el mar (Robins et al. 1979)
- *Caranx latus*, conocido comúnmente como jurel, es una especie con gran afinidad por agua dulce y de mareas (Bussing 1998), y fue capturada solo en las estación seca a elevaciones bajas en los ríos Coclé del Norte y Miguel de la Borda/Caño Sucio.
- *Pomadasys crocro* fue colectado en 40% de los sitios durante la estación lluviosa, y sólo se colectó en un sitio durante la estación seca. Perteneciente a la familia Haemulidae, esta familia se caracteriza por la formación de cardúmenes en aguas costeras cerca de los arrecifes de coral. (Bussing 1998).

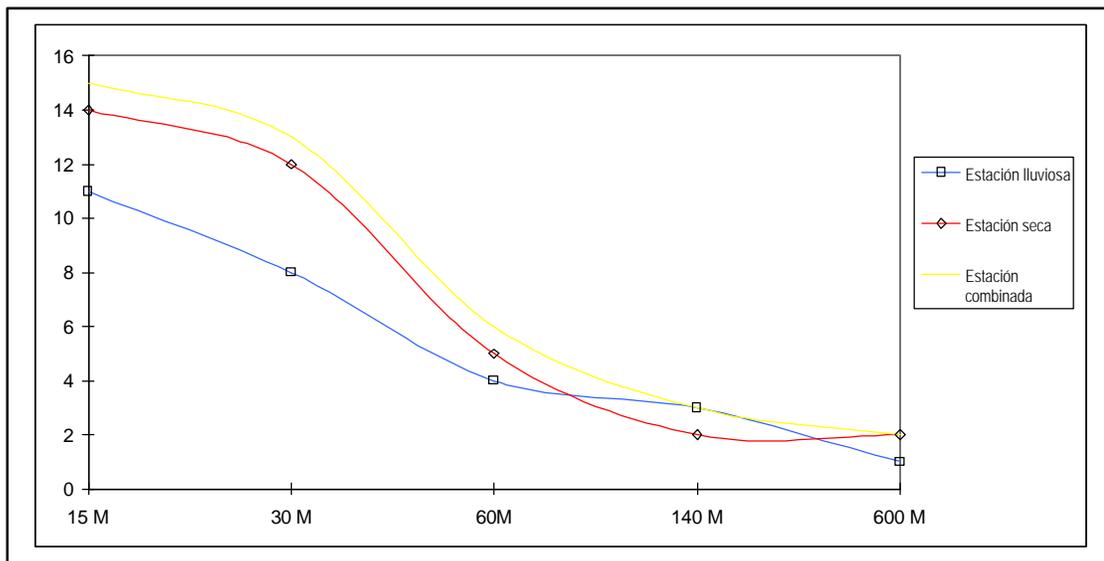
La estacionalidad afecta ciertas especies pero no afecta la composición de las comunidades de peces. Como lo indicara Mathews (1998), los patrones de comportamiento que incluyen movimiento diarios o por estación o migraciones a largas distancias representan un comportamiento natural "autoecológico" que no es influenciado por otras especies de peces.

Las migraciones obligatorias incluyen movimientos longitudinales de elevaciones altas a bajas, de bajas a altas y también peces marinos que entran y salen del agua dulce (Mathews 1998).

Algunas especies de peces marinos dependen del agua dulce para completar sus ciclos de vida y por lo tanto son factores importantes para la ecología de los ríos.

Finalmente, cabe destacar que no todas las migraciones están relacionadas a la reproducción, ya que algunas especies migran en busca de mejores nichos.

FIGURA 5.1-25
NÚMERO DE ESPECIES PERIFÉRICAS VERSUS ELEVACIÓN

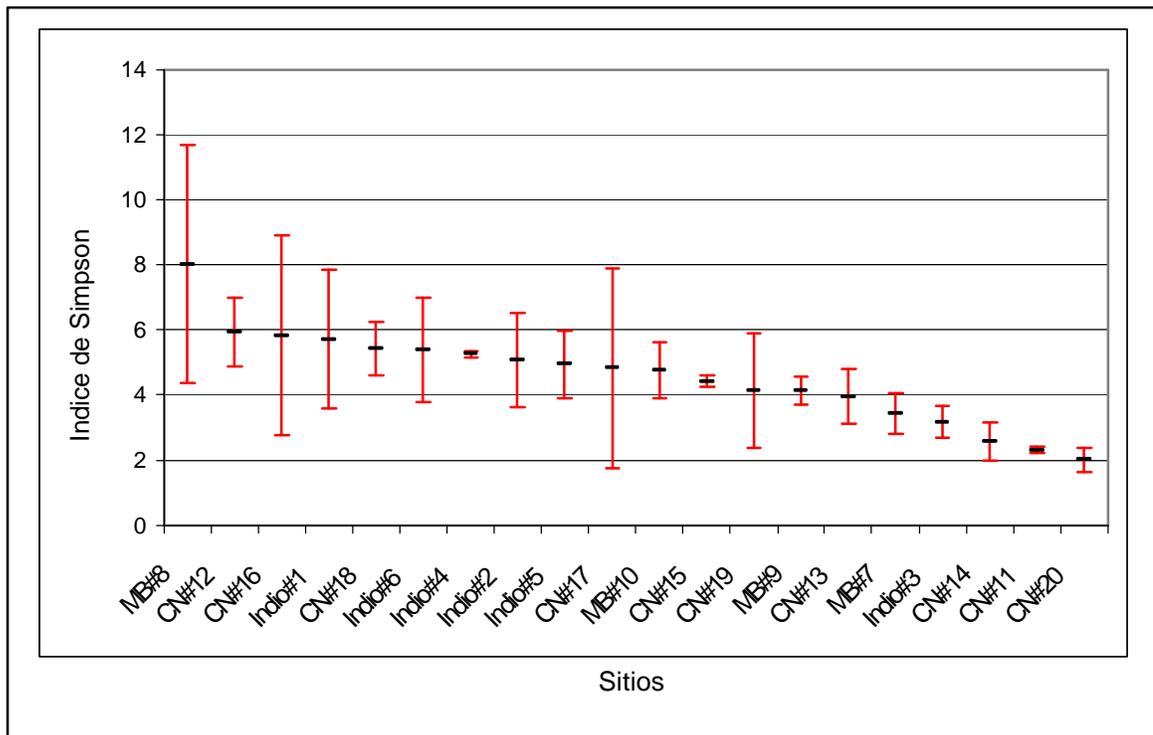


5.1.3.5.2 DIVERSIDAD DE ESPECIES Y CALIDAD DE HÁBITAT POR SITIO

Los sitios fueron evaluados de acuerdo al índice de diversidad de Simpson, el índice de riqueza (diversidad alfa, el cual representa el número de especies) y medidas de calidad de hábitat tomados del protocolo de Bioevaluación de Ríos de California. Se tomaron medidas promedio del índice de Simpson (1/D) y de las medidas de calidad de hábitat y fueron graficadas con sus desviaciones estándares

El promedio de Índice de Simpson (1/D) entre sitios se presenta en la Figura 5.1-26.

FIGURA 5.1-26
PROMEDIO DE ÍNDICE DE SIMPSON (1/D) ENTRE LOS SITIOS

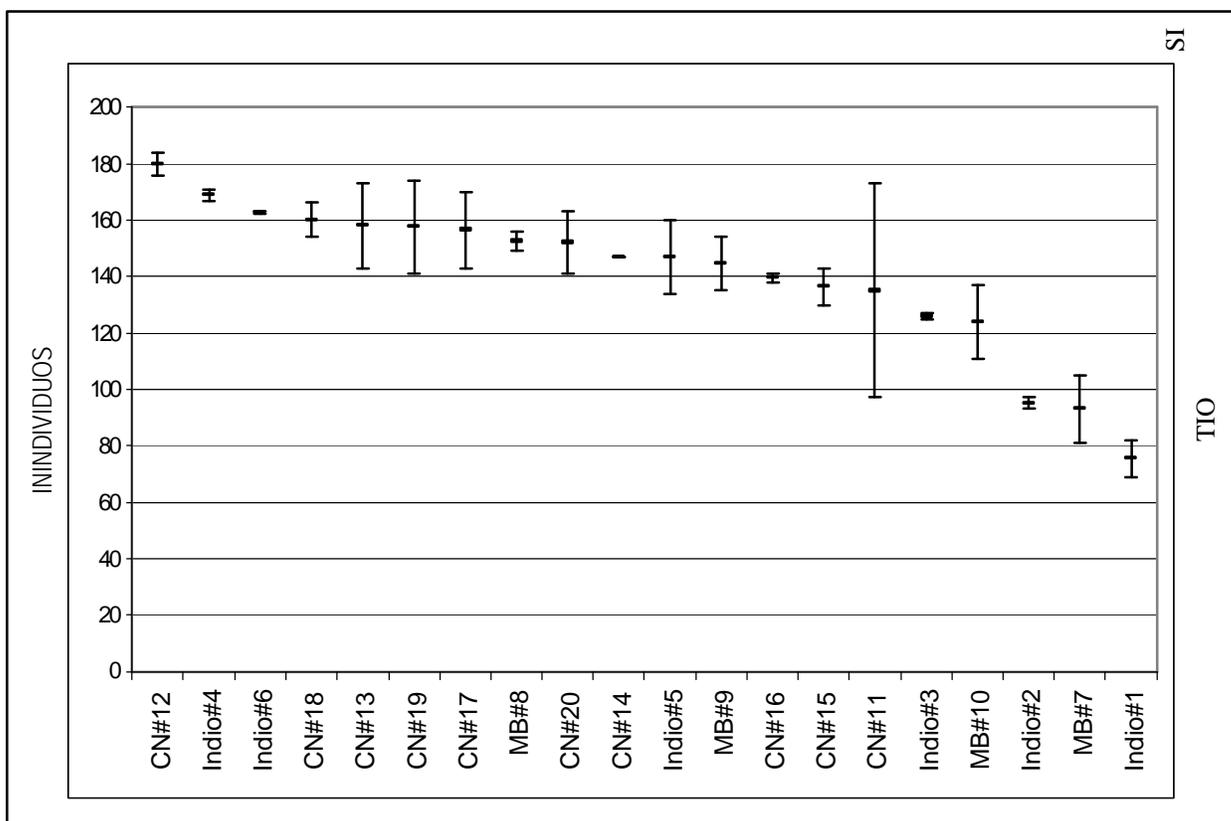


. Cada barra representa la desviación estándar.

El índice de diversidad de Simpson (1/D), mostró que la mayoría de los sitios fluctuaba entre las dos estaciones (Figura 5.1-27). El índice de diversidad de Simpson indica la relación entre riqueza o número de especies y la abundancia o número de individuos por especies en cualquier sitio dado. Entre más alto es el valor, mayor la diversidad. La fluctuación entre las dos estaciones se explica ya que el índice es sensible al número de individuos capturados. Uno de los factores que afectó el número de individuos colectados por sitio es la variación en los patrones diarios de clima lo cual es más evidente durante la estación lluviosa. La lluvia durante el muestreo afectó notablemente la eficiencia del muestreo y el número de individuos que pueden ser capturados. Dado el hecho de que existe cierto nivel de subjetividad en la técnica de muestreo, se recomienda tomar el índice de Simpson más bien como una guía. Sin embargo, se estima que la manera más exacta de evaluar los sitios es de acuerdo a la diversidad alfa (número de especies).

El promedio de la medida de calidad de hábitat con la desviación estándar entre la temporada seca y la lluviosa se presenta en la Figura 5.1-28.

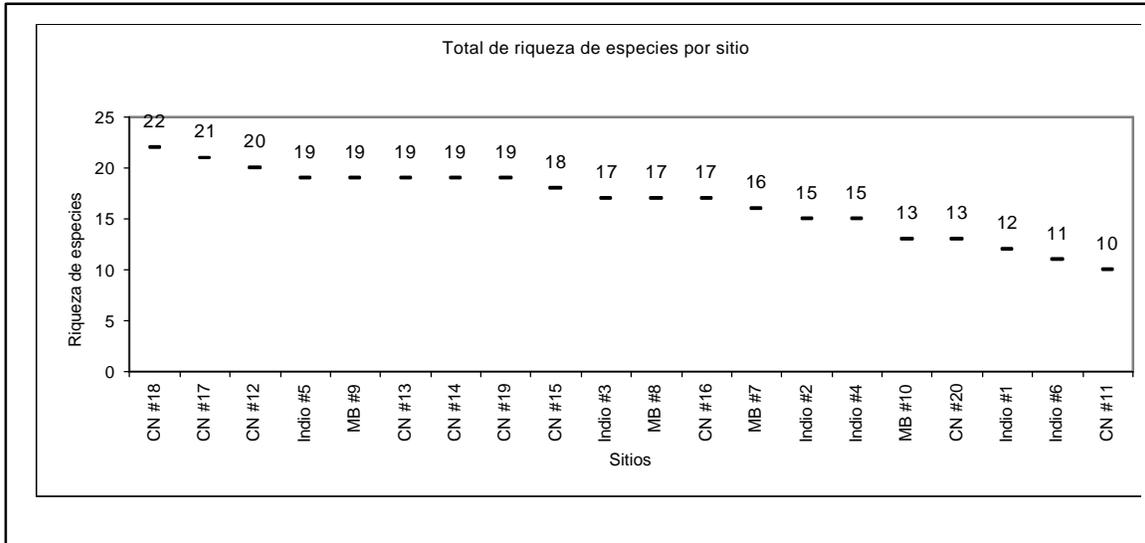
FIGURA 5.1-27
 PROMEDIO DE LA MEDIDA DE CALIDAD DE HÁBITAT CON LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR ENTRE LAS
 DOS ESTACIONES



Fuente: Elaborado por el Consorcio

Las medidas de calidad de hábitat no divergieron considerablemente entre las dos estaciones excepto para el sitio #11 en Coclé del Norte. Esto se debió a la desecación del sitio donde el flujo limitado del arroyo y la presencia de cambios de marea pareciera ejercer su efecto en el arroyo. Al regresar al sitio #13 en Coclé del Norte durante la estación seca, parte del área había sido drásticamente alterada debido a la tala de árboles para propósitos de agricultura. Los sitios de tierra baja adyacentes a los estuarios estaban característicamente limitados a distintos regímenes de agua y aparentemente bajo más presión de alteraciones antropogénicas. Uno de los factores que más afectó las medidas de calidad de hábitat de los sitios fue la influencia antropogénica en la zona ribereña. El resultado es el deterioro de la composición de los arroyos y la deposición de sedimentos finos sobre el fondo, y menos cubierta boscosa sobre el arroyo. Lo primero reduce el hábitat para los organismos acuáticos. Lo segundo afecta la temperatura del agua, lo cual disminuye la cantidad de oxígeno disuelto. La riqueza de especies, conocida como diversidad alfa, está representada por el número total de especies entre las dos estaciones (Figura 5.1-28). Finalmente, se ordenaron los sitios de acuerdo a su medida de calidad de hábitat y a su diversidad alfa para obtener una idea conceptual de como los sitios se comparaban entre sí. La Figura 5.1-28 grafica la diversidad alfa combinando las dos estaciones. El número de especies varió de 10 a 22, y la media fue cerca de 17. Generalmente los sitios de tierra baja cercanos a los estuarios y los sitios de tierras altas mostraron un número menor de especies. La mayor parte de los sitios en Coclé del Norte presentaron más de 17 especies.

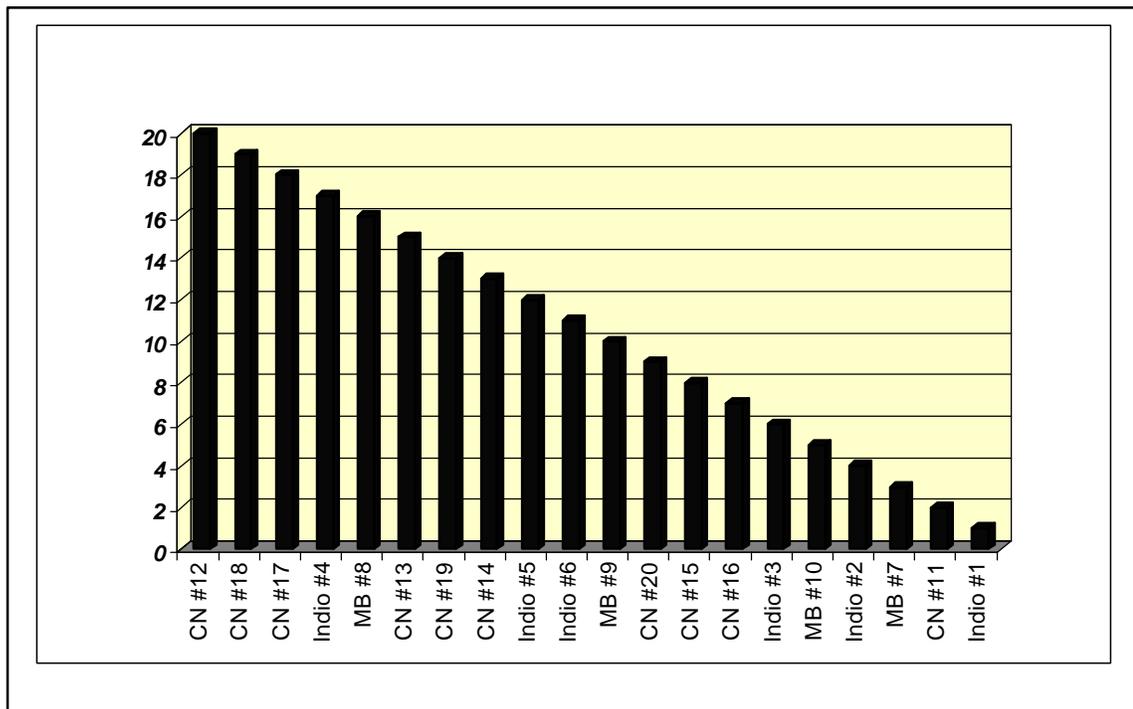
FIGURA 5.1-28
 DIVERSIDAD ALFA POR SITIO. DATOS COMBINADOS UTILIZANDO LAS ESTACIONES SECA Y LLUVIOSA



Elaborado por el Consorcio

Se elaboraron los sitios muestreados en base a los valores promedios de hábitat y su diversidad (Figura 5.1-29)

FIGURA 5.1-29
 ORDENAMIENTO DE SITIOS MUESTREADO EN BASE A RANGOS DE RIQUEZA DE ESPECIES Y MEDIDAS DE CALIDAD DE HÁBITAT



Elaborado por el Consorcio

Los rangos fueron dados de uno a veinte tanto para los valores de hábitat como para la diversidad alfa. Los sitios con el mismo número de especies, se les asignó el mismo valor. Finalmente, los dos valores fueron sumados para obtener un valor global que entonces fue ordenado. Hay que considerar que este valor no es indicativo de su calidad, sino que provee información útil para la comparación de los sitios en la región estudiada. Los resultados demuestran que, en general, la cuenca de Coclé del Norte posee sitios con valores mayores en este análisis, lo cual puede ser indicativo de que esta cuenca tiene mayor diversidad y mejor calidad de hábitat. Los sitios estuarinos mostraron los rangos menores.

En la Figura 5.1-26, la curva de acumulación de especies basada en el sitio y la estacionalidad, muestra que durante la estación lluviosa el gráfico se aproxima al límite asintótico después de 18 sitios, mientras que la estación seca comienza a nivelarse después de 19 sitios (se muestrearon 21 sitios ya que el sitio Indio #6 fue visitado dos veces durante la estación seca). Es posible que puedan encontrarse nuevas especies a medida que se continúe con los esfuerzos de muestreos. El esfuerzo en los muestreos en esta región, como se indica en la Figura 5.4.22, muestra que la acumulación constante de especies solo tomó lugar en los primeros 15 sitios y se observó un incremento dramático en los primeros diez sitios.

5.1.3.5.3 ESTACIONALIDAD, MIGRACIÓN Y ESPECIES MARINAS

Los peces de agua dulce tienen patrones de comportamiento que incluyen movimiento diarios o por estación o migraciones a largas distancias (Mathews, 1998). Mathews (1998) calificó este comportamiento natural como "autoecológico", ya que no es influenciado por otras especies de peces. El comportamiento migratorio de algunas especies se da en respuesta a la estacionalidad reproductiva en aguas tropicales (Lowe-McConnel 1987). Sin embargo, algunas migraciones estacionales no están relacionadas al desove sino a las búsquedas de ambientes óptimos (Mathews 1998).

La migración estacional en las aguas tropicales usualmente coincide con temporalidad (estación seca o lluviosa) (Lowe-McConnel 1987). Se muestrearon los sitios durante la estación lluviosa y la estación seca para probar si existía una diferencia significativa en la composición y distribución de las especies. Un conjunto de peces, según Mathews (1998), se define como "grupo de especies que ocurren juntas en un solo lugar, de manera tal que tienen al menos una oportunidad razonable para contacto diario unas con otras". La prueba de Mantel fue utilizada para indicar tendencias estacionales anuales en composición de especies por sitio basados en la presencia/ausencia de las especies. La hipótesis nula es que no existen diferencias estacionales en composición de especies.

La prueba de Mantel mostró que no existen diferencias significativas en la composición de especies entre la estación lluviosa y la estación seca ($P < 0.001$, Mantel valor $r = 0.6121$). Estos resultados indican que, a nivel de comunidades, la composición de especies permanece igual en ambas estaciones.

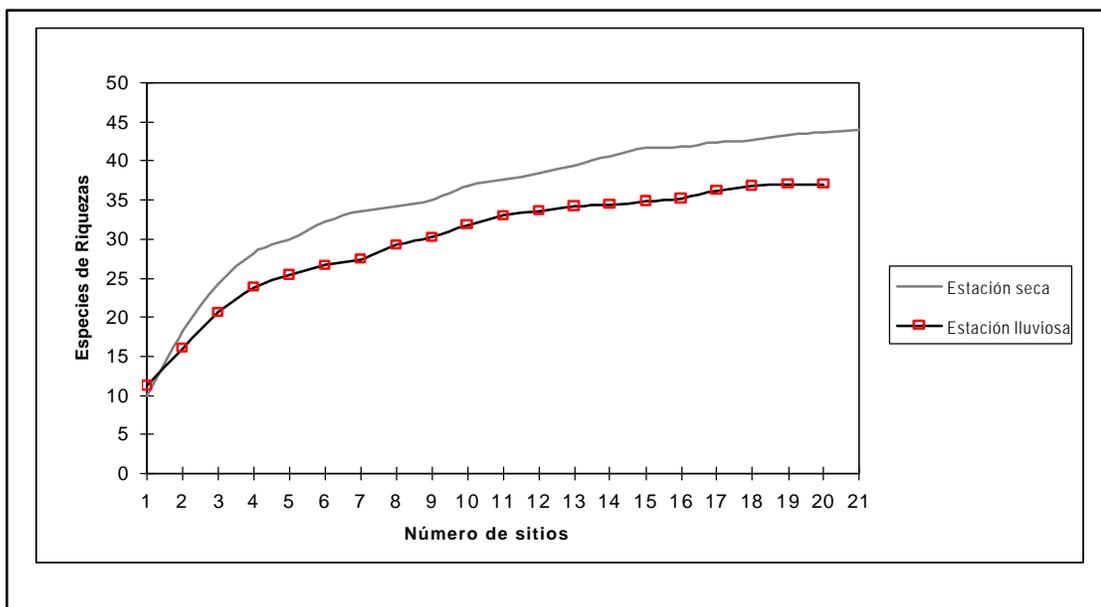
Sin embargo, esta prueba no es sensitiva a cambios en especies individuales y no refleja migración ni cambios de hábitat para ciertas especies de peces durante el año.

Se conoce que ciertas especies migran estacionalmente a lo largo del gradiente longitudinal. La especie *Joturus pichardi* llega a habitar en ríos a altitudes de 600 m. Sin embargo, su ciclo de vida incluye migraciones hasta áreas costeras para reproducirse (Bussing, 1998). En este estudio, durante la estación seca solo se encontraron especímenes de *Joturus pichardi* a elevaciones bajas, mientras que en la estación lluviosa se encontraron especímenes en 20% de los sitios entre elevaciones de 15 a 140 m.

Otras especies que migran para su reproducción son las especies en el género *Brycon*. Similitud en ecología con *Brycon behreae* de Costa Rica indica que es probable que especies

en este género migren corriente arriba para encontrar tributarios pequeños para reproducirse (Bussing, 1998).

FIGURA 5.1-30
ACUMULACIÓN DE ESPECIES (EJE Y) VESUS ESFUERZO E MUESTREO POR SITIO (EJE X)



Fuente: Elaborado por el Consorcio

5.1.3.5.4 GRADIENTES DE ELEVACIÓN Y RIQUEZA DE ESPECIES

La mayoría de los sistemas acuáticos comienzan con corrientes pequeñas y aumentan longitudinalmente en tamaño. Generalmente, el resultado del aumento de tamaño de la corriente es un aumento progresivo en números de especies río abajo (Horowitz, 1978).

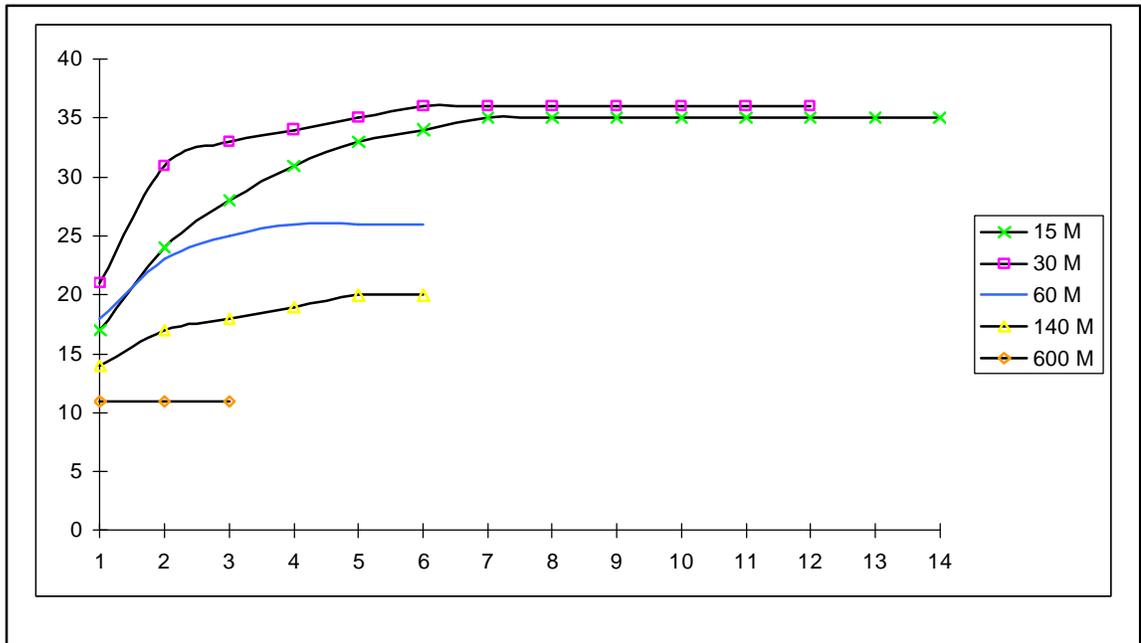
Numerosos estudios han tratado el porqué este patrón es constante y han concluido que la diversidad del hábitat, la moderación de condiciones ambientales y simplemente un aumento en el espacio habitable contribuyen al aumento de la diversidad de especies (&Karr 1978, Maurakis et al. 1987, Rahel y Hubert 1991, Mathews 1998 de Gorman). A continuación se presenta un breve análisis del patrón de distribución longitudinal de los peces en la región estudiada.

Utilizando mapas topográficos y el altímetro de los hidrólogos, se clasificaron los sitios muestreados en las siguientes categorías altitudinales: 0 a 15 como 15 m, 15 a 30 como 30, 30 a 60 como 60, sitios que se extienden a partir del 130 a 180 como 140 y de finalmente 600. No se hizo ninguna distinción entre las tres cuencas.

Si se lleva a una gráfica el esfuerzo de muestreo versus la riqueza de especies, se observa que las curvas de la acumulación de la especie para cada categoría (Figura 5.1-31) se aproximan a

la asintota. Esto indica que el esfuerzo de muestreo fue suficiente para el presente estudio. Además, la alta semejanza entre las cuencas (Cuadro 5.1.22) en combinación con las curvas de acumulación de especies (Figura 5.1-31) representan las bases que permiten hacer generalizaciones sobre la región y combinar las cuencas para este análisis.

FIGURA 5.1-31
CURVA DE ACUMULACIÓN DE ESPECIES POR CATEGORÍAS ALTITUDINALES. EN EL EJE X SE GRAFICÓ EL NÚMERO DE SITIOS POR CATEGORÍA ALTITUDINAL, EN EL EJE Y SE GRAFICÓ EL NÚMERO DE ESPECIES.



Fuente: Elaborado por el Consorcio

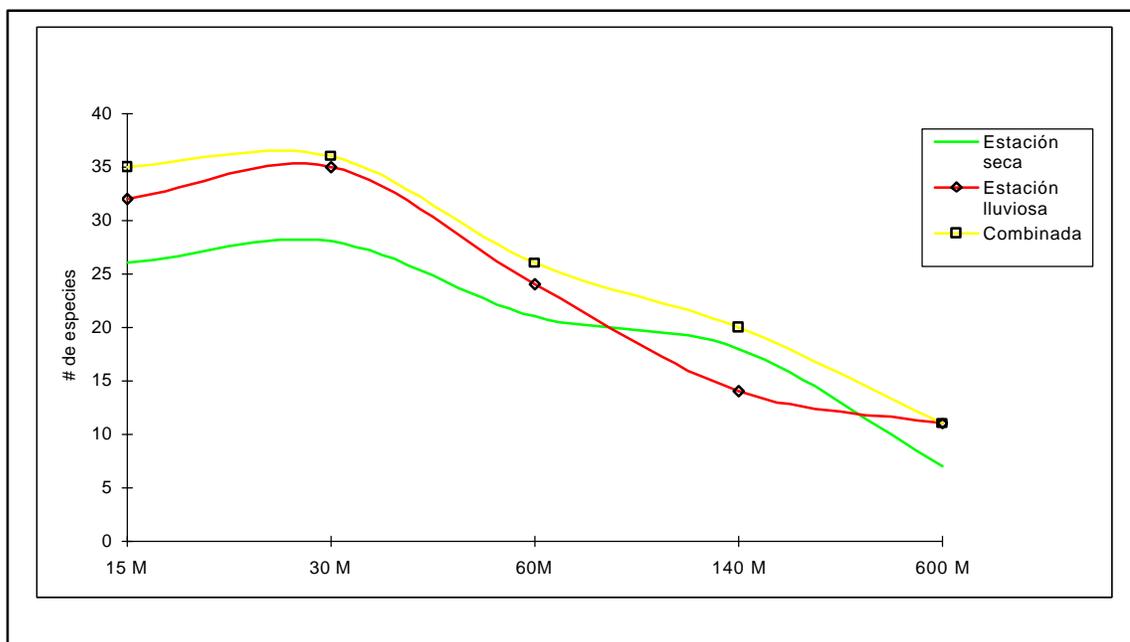
La Figura 5.1-32 muestra los patrones longitudinales en riqueza de la especie. La riqueza de especie más alta fue encontrada entre el nivel del mar y 30 m.

La riqueza de especies aumentó en forma continua río abajo desde las cabeceras hasta que se nivela a los 30 m. Este patrón prevalece en las dos estaciones cuando se hacen los análisis independientemente y aún cuando se combinan los datos de riqueza de ambas estaciones.

Los resultados obtenidos concuerdan con Horowitz (1978) ya que se encuentra un aumento en números de especies corriente abajo. Sin embargo, el aumento continuo en riqueza de especies se detuvo a los 30 m donde se alcanzó la riqueza máxima. Welcomme (1985) indicó que el aumento de especies río abajo es el patrón que prevalece en las corrientes tropicales que carecen discontinuidades.

Los resultados de distribución de especies obtenidas en este estudio, apoyan estas generalizaciones. Sin embargo, se encontraron algunas excepciones como las siguientes especies que solo se encontraron en elevaciones altas: *Rhamdia Laticauda*, *Leptoancistrus canensis*.

FIGURA 5.1-32
RIQUEZA DE ESPECIES A LO LARGO DE LA GRADIENTE DE ELEVACIÓN



Fuente: Elaborado por el Consorcio

5.1.3.5.5 HETEROGENEIDAD ESPACIAL

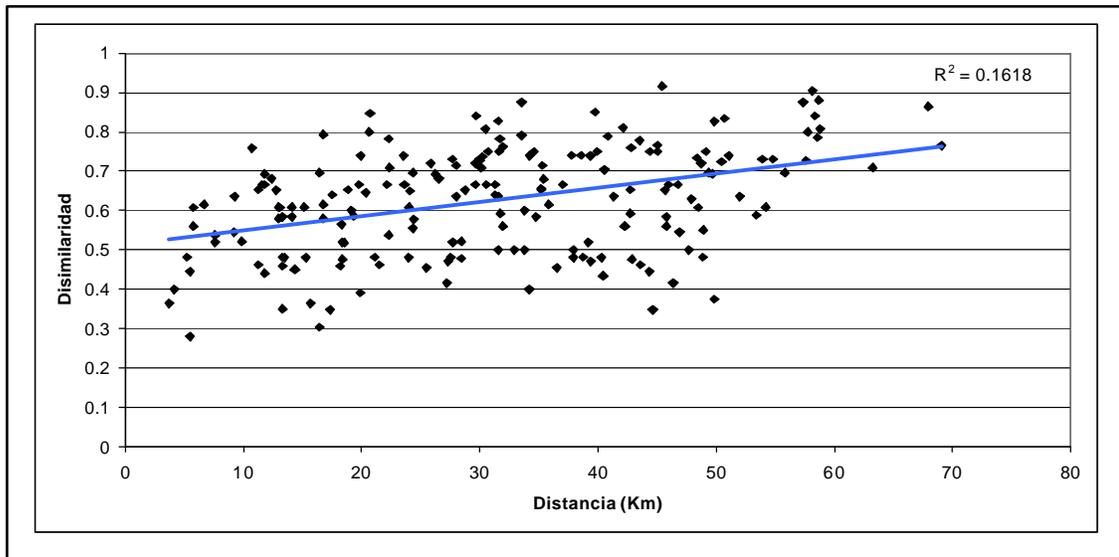
Los patrones longitudinales en ecología de ríos y arroyos muestran que en general hay incremento en riqueza de especies que va progresivamente desde la cabecera hasta la desembocadura de los ríos (Horowitz 1978). El aumento en el número de especies en las partes bajas de los ríos puede explicarse por diversidad de hábitat, condiciones ambientales moderadas y un incremento del espacio habitable (Gorman & Karr 1978, Maturakis et al. 1987, Rahel & Hubert 1991, Mathews 1998). Los patrones longitudinales en el área estudiada muestran que la riqueza de especies en el área sigue la generalización de Horowitz (1978).

Otro factor importante en el estudio de la ecología de los ríos y arroyos es la latitud es otro factor importante en la distribución de peces de agua dulce en una escala regional. La dispersión latitudinal de peces de agua dulce depende de la interconectividad entre los cauces de agua y representa una barrera para la migración lateral. Limitaciones de dispersión entre ríos adyacentes se pueden contrarrestar a través de inundaciones en las tierras bajas. Tanto la longitud como la latitud son factores integrales que deben ser considerados cuando se estudia la distribución de los peces.

Para probar cuan importante son la longitud y la latitud en la distribución de las especies, se asumió que las distancias entre los sitios en esta región se asocian con diferencias en la fauna entre sitios. Se convirtieron las coordenadas de Sistema Global de Posicionamiento (GPS por sus siglas en inglés) a distancia (kilómetros) entre sitios. El índice de disimilaridad se obtuvo por medio del recíproco de índice de Jaccard. Utilizando un análisis de regresión simple, se grafican las dos variables (Figura 5.1-33). Los resultados muestran una fuerte correlación entre la disimilaridad en composición de fauna y la distancia. (Fig. , $R^2=0.168$, $P<0.001$).

La distancia longitudinal en espacio es un factor importante en la composición de las comunidades de peces de agua dulce. Sin embargo, la latitud es igualmente importante para entender la heterogeneidad espacial de la composición de peces de agua dulce en una escala regional. A pesar de que el área estudiada mostró alta similaridad entre los ríos, la distancia entre cualquier punto al azar dentro de la Cuenca es crítica para entender la composición de las especies y su endemismo en la región.

FIGURA 5.1-33
ANÁLISIS DE REGRESIÓN ENTRE DISTANCIA E ÍNDICE DE DISMILARIDAD



Fuente: Elaborado por el Consorcio

5.1.3.5.6 COMPARACIÓN ENTRE LAS CUENCAS

El surgimiento del Istmo de Panamá hace aproximadamente 3.5 millones de años propició un evento conocido como el Gran Intercambio Americano. Panamá ha sido geográficamente importante para el intercambio intercontinental de la flora y de la fauna entre América del Norte y del Sur (Marshall et. al, 1979). Este intercambio fue de gran importancia para los peces de agua dulce en América Central ya que su origen histórico proviene de la migración de peces de América del Sur (Bermingham y Martin 1998; Bussing, 1985; Loftin, 1965; Myers, 1966). En contraste, la distribución en América Central de la mayoría de los peces de agua dulce norteamericanos alcanza solamente el norte de Guatemala (Miller, 1966, Myers 1966).

La dispersión de peces de agua dulce depende de la conectividad entre ríos, lo cual puede representar una barrera para la migración a grandes distancias. Los ríos en Panamá son característicamente cortos, escarpados con curso directo desde las cabeceras de los ríos al mar y en el Caribe esto es más pronunciado que en el Pacífico. Los ríos de la vertiente del Caribe de Panamá parecen tener mayores niveles de diversidad genética si se comparan con la vertiente Pacífica (Bermingham y Martín 1998). Una posible explicación para esta observación es el hecho de que la dispersión entre los ríos en la vertiente del Caribe es más difícil que en la vertiente Pacífica, por lo tanto se espera mayor endemismo en los ríos que desembocan en el Atlántico. Para obtener una mejor perspectiva del nivel de endemismo en el área, se compararon las especies en el área estudiada.

El cuadro 5.1-31 enumera las especies que son únicas para cada una de las tres cuencas estudiadas, basada en la base de datos de los especialistas. La información que se presenta en este análisis es la combinación de datos obtenidos durante este estudio y trabajos previamente realizados en el área estudiada. El número total de especies fue 40 para río Indio, 38 para Miguel de la Borda, y 46 para Coclé del Norte. Es interesante notar que, de las tres cuencas, el 13% de las especies de Coclé del Norte son endémicas y únicas.

Cuadro 5.1-31. Especies locales únicas entre las tres cuencas estudiadas

<p>Río Indio <i>Bryconamericus obscurus</i></p> <p>Río Miguel de la Borda <i>Anchoa sp.</i> <i>Pimelodella chagresi</i></p> <p>Río Coclé del Norte <i>Astyanax ruberrimus</i> <i>Brachyrhaphis episcopi</i> <i>Brycon sp.</i> <i>Eucinostomus sp.</i> <i>Gobiesox nudus</i> <i>Hypostomus panamensis</i></p>

Fuente: Elaborado por el Consorcio

Se utilizó el índice de Jaccard para investigar los niveles de similaridad entre las tres cuencas (cuadro 5.1-32). Los resultados muestran los niveles de similaridad mayores se encontraron entre río Indio y río Miguel de la Borda/Caño Sucio (Índice de Jaccard = 0.7727), mientras que el Río Coclé del Norte es igualmente similar a río Indio y río Miguel de la Borda/Caño Sucio (Índice de Jaccard = 0.7347).

CUADRO 5.1-32
INDICE DE SIMILARIDAD DE JACCARD
EN LA REGIÓN OCCIDENTAL DE LA CUENCA DEL CANAL DE PANAMÁ

	Río Coclé	Río Indio	Río MB/Caño Sucio	Río Chagres
Río Coclé	-			
Río Indio	0.7347	-		
Río Miguel	0.7347	0.7727	-	
Río Chagre	0.4098	0.339	0.339	-

Fuente: Elaborado por el Consorcio

Se realizaron análisis adicionales incluyendo al río Chagres como grupo externo. La riqueza total de especies en el río Chagres es cuarenta, 30% de los cuales son únicos para este río.

Es interesante observar que Coclé Del Norte tiene más riqueza de especies que Chagres (46 en Coclé del Norte, 40 en Chagres).

El índice de Jaccard (Cuadro 5.32) muestra la similitud entre las cuatro cuencas. Los resultados revelan:

- Baja similaridad entre río Chagres y cuencas adyacentes
- Los ríos Miguel de la Borda/Caño Sucio e Indio presenta un índice de similaridad igual cuando se comparan con el Chagres
- El río Coclé del Norte y el Río Chagres presenta índice de similaridad ligeramente mayor.
- El análisis de agrupamiento basado el índice de Jaccard ilustra la relación entre las cuencas (Figura 5.1-34).

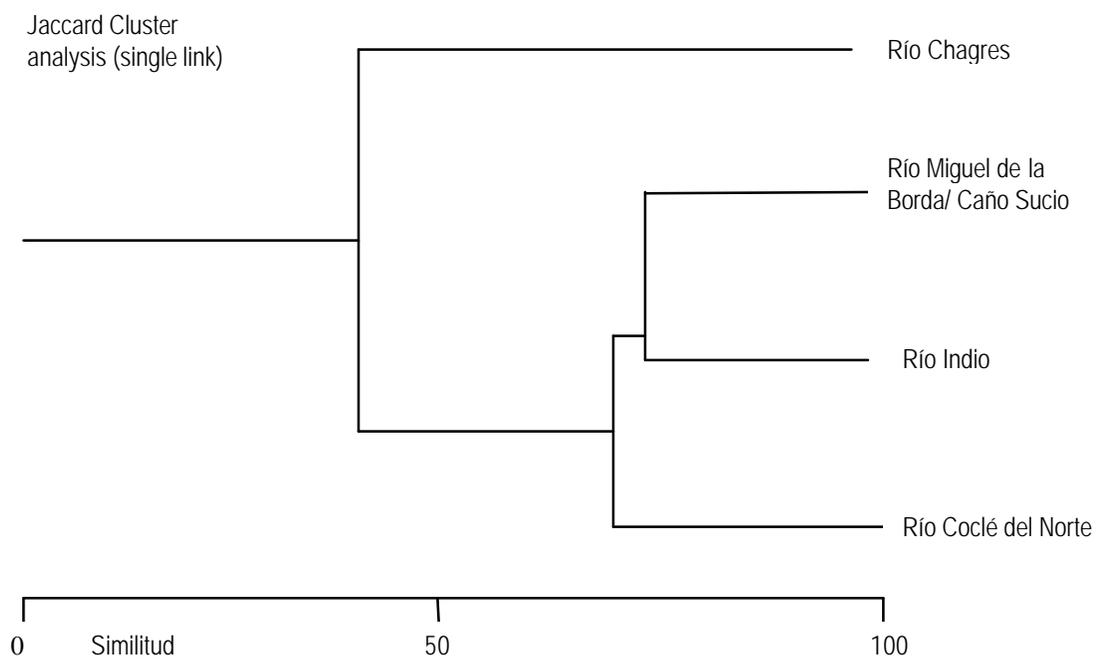
Se puede decir que:

- La composición de peces de río Indio y Miguel de la Borda/Caño Sucio es muy similar
- La diferencia comparativa entre estas y la cuenca de Coclé del Norte es levemente más baja.
- De las cuatro cuencas utilizadas para este análisis, el río Coclé del Norte parece tener la riqueza más alta en especies.

Los resultados indican que la Región Occidental de la Cuenca del Canal representa un área única y diferente si se compara con la Región Oriental.

Figura 5.1-34

Análisis de agrupamiento de Jaccard entre las cuencas de los ríos Indio, Miguel de la Borda/Miguel de la Borda/Caño Sucio, Coclé del Norte y El río Chagres.



5.1.3.5.7 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES POR SISTEMAS HÍDRICOS

Uno de los análisis realizados fue la determinación de la distribución de especies de acuerdo a los sistemas hídricos identificados en la Región Occidental. Este análisis es de importancia ya que permite identificar las especies que ocurren en más de un sistema hídrico y las especies únicas a un determinado sistema hídrico. Desde el punto de vista biológico y ecológico, esto permite realizar una mejor caracterización de la fauna biológica y es indicativo del nivel de endemismo en cada uno de los sistemas hídricos.

Es importante notar que de las 44 especies que se colectaron en la Región Occidental, seis especies ocurren de manera única en uno de los cuatro Sistemas Hídricos definidos de la siguiente manera: tres especies son únicas para Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Lenta; una especie es única para Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Rápida; una especie es única para Sistema Hídrico de Altura; una especie es única para Sistema Hídrico Estuarino. Estas especies son:

Sistema Hídrico	Familia	Género	Especie
SHBCL	Characidae	Brycon	sp.
SHBCL	Erythrinidae	Hoplias	microlepis
SHBCL	Poeciliidae	Brachyrhaphis	episcopi
SHBCR	Pimelodidae	Pimelodella	chagresi
SHE	Engraulidae	Anchoviella	elongata
SHA	Loricariidae	Leptoancistrus	canensis

Fuente: Elaborado por el Consorcio

SHBCL=Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Lenta

SHBCL=Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Rápida

SHA=Sistema Hídrico de Altura

SHE=Sistema Hídrico Estuarino

A continuación se presenta la distribución de especies en los diferentes sistemas hídricos:

- **Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Lenta**

Familia	Género	Especie	
Anguillidae	Anguilla	Rostrata	
Aplocheilidae	Rivulus	sp.	
Characidae	Astyanax	Aeneus	
Characidae	Brycon	Chagrensis	
Characidae	Bryconamericus	Emperador	
Characidae	Roeboides	Guatemalensis	
Characidae	Gephyrocharax	Intermedius	
Characidae	Compsura	Mitoptera	
Characidae	Brycon	Obscurus	
Characidae	Hyphessobrycon	Panamensis	
Characidae	Brycon	sp.	*Ocurre en un solo sistema hídrico
Characidae	Roeboides	sp. nov.	
Cichlidae	Aequidens	Coeruleopunctatus	
Eleotridae	Eleotris	Amblyopsis	
Eleotridae	Gobiomorus	Dormitor	

Familia	Género	Especie	
Eleotridae	Eleotris	Pisonis	
Erythrinidae	Hoplias	Microlepis	*Ocurre en un solo sistema hídrico
Gobiesocidae	Gobiesox	Nudus	
Gobiidae	Sicydium	Altum	
Gobiidae	Awaous	Banana	
Haemulidae	Pomadasys	Crocro	
Lebiasinidae	Piabucina	Panamensis	
Loricariidae	Rineloricaria	Uracantha	
Mugilidae	Agonostomus	Monticola	
Mugilidae	Joturus	Pichardi	
Pimelodidae	Rhamdia	Quelen	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	cascajalensis	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	episcopi	*Ocurre en un solo sistema hidrico
Poeciliidae	Poecilia	gillii	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	roswithae	
Rhampichthyidae	Brachyhyopomus	occidentalis	
Synbranchidae	Synbranchus	marmoratus	
Trichomycteridae	Trichomycterus	striatus	

Fuente: Elaborado por el Consorcio

- **Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Rápida**

Familia	Género	Especie	
Aplocheilidae	Rivulus	sp.	
Atherinidae	Atherinella	chagresi	
Carangidae	Caranx	latus	
Characidae	Astyanax	aeneus	
Characidae	Brycon	chagrensis	
Characidae	Bryconamericus	emperador	
Characidae	Gephyrocharax	intermedius	
Characidae	Compsura	mitoptera	
Characidae	Brycon	obscurus	
Characidae	Hyphessobrycon	panamensis	
Characidae	Roeboides	sp. nov.	
Cichlidae	Aequidens	coeruleopunctatus	
Cichlidae	Vieja	maculicauda	
Eleotridae	Eleotris	amblyopsis	
Eleotridae	Gobiomorus	dormitor	
Eleotridae	Eleotris	pisonis	
Gobiesocidae	Gobiesox	nudus	
Gobiidae	Sicydium	altum	
Gobiidae	Awaous	banana	
Gobiidae	Gobionellus	sp.	
Haemulidae	Pomadasys	crocro	
Lebiasinidae	Piabucina	panamensis	

Familia	Género	Especie	
Loricariidae	Ancistrus	chagresi	
Loricariidae	Rineloricaria	uracantha	
Mugilidae	Agonostomus	monticola	
Mugilidae	Joturus	pichardi	
Pimelodidae	Pimelodella	chagresi	*Ocurre en un solo sistema hidrico
Poeciliidae	Brachyrhaphis	cascajalensis	
Poeciliidae	Poecilia	gillii	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	roswithae	
Rhamphichthyidae	Brachyhypopomus	occidentalis	
Synbranchidae	Synbranchus	marmoratus	
Syngnathidae	Microphis	brachyurus	
Syngnathidae	Pseudophallus	mindii	
Trichomycteridae	Trichomycterus	striatus	

Fuente: Elaborado por el Consorcio

- **Sistema Hídrico de Altura**

Familia	Género	Especie	
Aplocheilidae	Rivulus	sp.	
Characidae	Astyanax	aeneus	
Characidae	Brycon	chagrensis	
Characidae	Bryconamericus	emperador	
Characidae	Brycon	obscurus	
Characidae	Hyphessobrycon	panamensis	
Characidae	Roeboides	sp. nov.	
Cichlidae	Aequidens	coeruleopunctatus	
Gobiidae	Sicydium	altum	
Lebiasinidae	Piabucina	panamensis	
Loricariidae	Leptoancistrus	canensis	*Ocurre en un solo sistema hidrico
Loricariidae	Ancistrus	chagresi	
Mugilidae	Agonostomus	monticola	
Mugilidae	Joturus	pichardi	
Pimelodidae	Rhamdia	laticauda	
Pimelodidae	Rhamdia	quelen	
Poeciliidae	Poecilia	gillii	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	roswithae	
Rhamphichthyidae	Brachyhypopomus	occidentalis	
Synbranchidae	Synbranchus	marmoratus	
Trichomycteridae	Trichomycterus	striatus	

Fuente: Elaborado por el Consorcio

- **Sistema Hídrico de Estuario**

Familia	Género	Especie	
Anguillidae	Anguilla	rostrata	
Aplocheilidae	Rivulus	sp.	
Atherinidae	Atherinella	chagresi	
Carangidae	Caranx	latus	
Characidae	Astyanax	aeneus	
Characidae	Brycon	chagrensis	
Characidae	Bryconamericus	emperador	
Characidae	Roeboides	guatemalensis	
Characidae	Compsura	mitoptera	
Cichlidae	Aequidens	coeruleopunctatus	
Cichlidae	Vieja	maculicauda	
Eleotridae	Eleotris	amblyopsis	
Eleotridae	Gobiomorus	dormitor	
Eleotridae	Eleotris	psonis	
Engraulidae	Anchoviella	elongata	*Ocurre en un solo sistema hidrico
Gobiidae	Sicydium	altum	
Gobiidae	Gobionellus	sp.	
Haemulidae	Pomadasys	croco	
Mugilidae	Agonostomus	monticola	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	cascajalensis	
Poeciliidae	Poecilia	gillii	
Poeciliidae	Brachyrhaphis	roswithae	
Rhamphichthyidae	Brachyhypopomus	occidentalis	
Synbranchidae	Synbranchus	marmoratus	
Syngnathidae	Microphis	brachyurus	
Syngnathidae	Pseudophallus	mindii	

Fuente: Elaborado por el Consorcio

5.1.3.5.7 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A. DISCUSIÓN

En Panamá se reconocen aproximadamente 190 especies (ANAM, 2000), de las cuales se identificaron 44 especies durante este estudio de la Región de la Cuenca Occidental del Canal de Panamá. Esto representa aproximadamente 23% de las especies presentes en Panamá. Si se toma en consideración que el área de estudio representa el 2.8% de la superficie del país, se puede concluir que la Región Occidental representa un área de gran diversidad para la fauna ictiológica.

La discusión que se presenta a continuación se basa en los datos colectados en el presente estudio y representa el primer reporte de datos para esta región.

Durante este estudio se realizaron muestreos durante la estación seca y la lluviosa con el objetivo de determinar si existen diferencias significativas en riqueza de especies entre ambas estaciones. Los resultados indican que a pesar de que no se encontraron diferencias en la composición de especies entre ambas estaciones, es importante reconocer que varias especies tienen patrones de migración como parte de su ciclo de vida. Se ha determinado que la estacionalidad afecta ciertas especies pero no afecta la composición de las comunidades de peces. Mathews (1998) indicó que los patrones de comportamiento que incluyen movimiento diarios o por estación o migraciones a largas distancias representan un comportamiento natural "autoecológico" que no es influenciado por otras especies de peces. Estas migraciones obligatorias incluyen movimientos longitudinales de elevaciones altas a bajas, de bajas a altas y también peces marinos que entran y salen del agua dulce (Mathews 1998). Algunas especies de peces marinos dependen del agua dulce para completar sus ciclos de vida y por lo tanto son factores importantes para la ecología de los ríos. También cabe destacar que no todas las migraciones están relacionadas a la reproducción, ya que algunas especies migran en busca de mejores nichos.

Al hacer análisis de diversidad de especies colectadas, se encontraron diferencias entre los sitios. Estas diferencias se deben básicamente a la calidad de los hábitat en los sitios colectados. Como patrón general se encuentra que los sitios con mejor calidad de hábitat en el tramo estudiado presentaban una mayor riqueza de especies. Es también importante notar que los sitios de mejor calidad de hábitat en tramo se encuentran en áreas de interés específico.

Al comparar la diversidad entre cuencas, se observó que el río Coclé del Norte presenta la mayor riqueza de peces. De manera interesante se encontró que los ríos Indio y Miguel de la Borda/ Caño Sucio tienen composición de especies muy similares. El río Chagres representa el mejor punto de comparación con el presente estudio. Al comparar riqueza de especies se encuentra que aún el río Chagres no se compara en riqueza con el Coclé del Norte. Los resultados indican que la Región Occidental de la Cuenca del Canal representa un área única y diferente si se compara con la Región Oriental.

Finalmente, al realizar un análisis de la distribución de especies por Sistema Hídrico se encuentra que el Sistema Hídrico de Bajura contiene la mayor cantidad de especies. Es muy interesante notar que de las especies colectadas seis son únicas de uno de los cuatro Sistemas Hídricos: tres especies en Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Lenta, una en Sistema Hídrico de Bajura de Corriente Rápida, una en Sistema Hídrico Estuarino y una en Sistema Hídrico de Altura. De las cinco especies, *Pimelodella chagresi* ocurren en corrientes moderadas a rápidas.

B. CONCLUSIONES

- La estacionalidad no afectó la composición de las especies de los sitios estudiados. Sin embargo, hay otros procesos, como lo son la migración, que se ven afectados por la estacionalidad.
- De las tres cuencas, Coclé del Norte presentó la mayor riqueza de especies, al igual que el mayor número de sitios con mejor calidad física de hábitat.
- Las cuencas de los ríos Indio y Miguel de la Borda/Caño Sucio presentan una composición de especies muy similar, en contraste con la de Coclé del Norte que presenta especies endémicas.
- Al comparar la riqueza de especies con elevación se encontró que la riqueza de especies aumenta a medida que disminuye la elevación, y que el pico de riqueza se encuentra a los 30 m de elevación aproximadamente. Este patrón fue consistente para ambas estaciones.
- De los cuatro Sistema Hídricos estudiados, los Sistemas Hídricos de Bajura de Corriente Lenta y Corriente Rápida presentaron la mayor diversidad de especies.