

Karen Lorena Naranjo García



CALIDAD DEL AGUA A PARTIR DE LA  
APLICACIÓN DEL FORAM INDEX (FI) COMO  
HERRAMIENTA BIOINDICADORA EN LA  
MONTAÑA SUBMARINA BAJO FRIJOL DEL  
PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES DE  
PROFUNDIDAD (PNN CPR), CARIBE  
COLOMBIANO

Directora: Yina Patricia Salamanca Blanco  
Codirector: Hernán Alejandro Henao Castro  
Bogotá, 24 de Noviembre de 2016



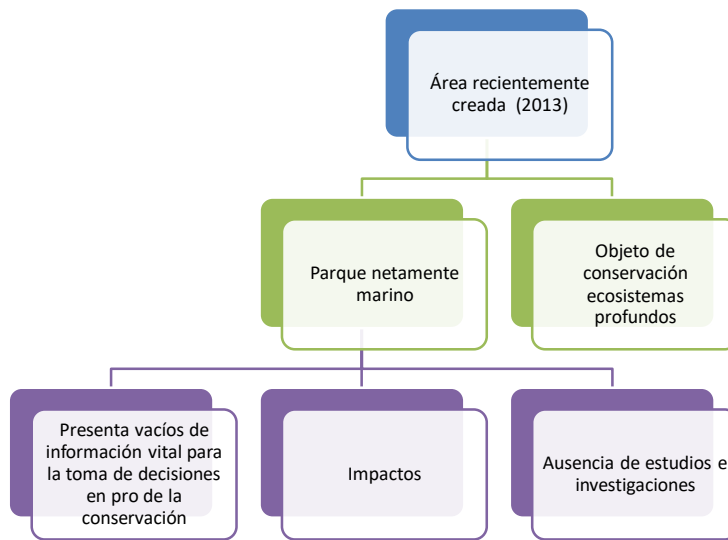
“Estudio preliminar de comunidades planctónicas y bentónicas del arrecife mesofótico Bajo Frijol del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Caribe Colombiano”.



Número de memorando  
20152200002063 desde el 25 de  
noviembre de 2015

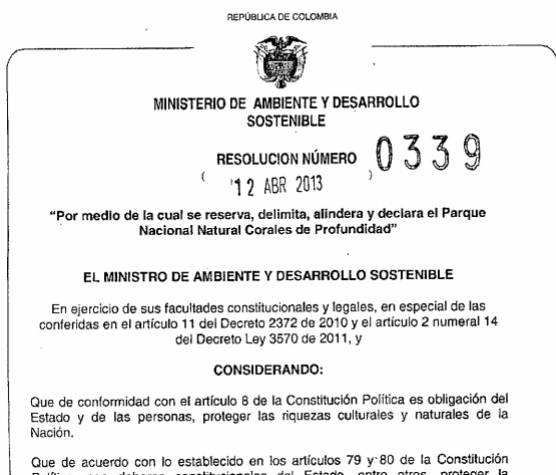


## PROBLEMÁTICA



(Cai et al., 2013; Cooper et al. 2009; Flórez et al., 2008; Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Kahng et al. 2010; Kahng et al., 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Raymond et al. 2012; USEPA, 2004;)

## JUSTIFICACIÓN



Compromiso con la conservación por medio del Decreto 0339 de 2013 por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.

Generar una línea base ambiental sólida de esta área protegida del Sistema de Parque Nacionales Naturales de Colombia.

(Alonso et al., 2015; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013)



## JUSTIFICACIÓN



### ✓ Arrecife Coralino Mesofótico



• Puente entre los ecosistemas de arrecifes de coral de aguas someras y aguas frías.

Ecosistema dependiente de la luz (30 o 40 m – 150 m)

Desarrollo de la vida costera y mejoramiento de la calidad de vida

• Se calcula que basta con 1 km de arrecife somero sano para abastecer 300 personas sin ninguna otra fuente de proteína.

• Peces e invertebrados marinos como crustáceos, moluscos, entre otros.

Zona de refugio

(Cai et al., 2013; Cooper et al. 2009; Flórez et al., 2008; Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Reymond et al. 2012; USEPA, 2004;)



## JUSTIFICACIÓN



### Áreas costeras

- Fuente de recursos valiosos.
- Permite el desarrollo de actividades.

### Malas Prácticas

- Impactos antrópicos.
- Amenazas globales.
- Cambios en el ambiente.

### Calidad del agua

- Eutrofización (Nitrógeno, fósforo y materia orgánica).
- Produciendo una desviación inaceptable en la función y estabilidad.

(Burton, 2003; Cai et al., 2013; Cooper et al. 2009; Escobar, 2002; Flórez et al., 2008; Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Reymond et al. 2012; USEPA, 2004; Vivas-Aguas et al., 2012)



## JUSTIFICACIÓN



- ✓ Determinación del estado actual del ecosistema



### Parámetros bióticos

Alternativa que contribuye y responde en las diferentes condiciones que pueda presentarse, fácil de desarrollar y bajo costo

### Parámetros abióticos

No proporcionan la información homogenizada, presentan altos costos que limitan la investigación y se requiere de protocolos en altamar que no pueden cumplirse rigurosamente

(Cooper et al. 2009; Henao, 2013; Raymond et al. 2012)



## OBJETIVOS



### Objetivo general

- Evaluar la calidad del agua en un ambiente mesofótico de la montaña submarina Bajo Frijol del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNN CPR) en el Caribe colombiano, a partir de la aplicación del FORAM Index (FI) como herramienta bioindicadora.

### Objetivos específicos

- Determinar la composición de la comunidad de foraminíferos bentónicos en los sedimentos marinos obtenidos a diferentes profundidades e implementar el FI como herramienta bioindicadora de calidad del agua.
- Correlacionar la composición de la comunidad de foraminíferos bentónicos con las diferentes profundidades determinadas para la toma de sedimentos.



## MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL



### FORAM Index (FI)

Índice métrico para la evaluación ambiental de los entornos de fondos blandos	Define si el ambiente es o no propicio para el crecimiento y desarrollo coralino	$FI = (10xP_s) + (P_o) + (2xP_h)$ <p>(Ecuación 1)</p> <p>&gt;4-10, las condiciones son propicias para el crecimiento, desarrollo y recuperación de los corales 2-4, el ambiente es apto para el crecimiento, pero no para la recuperación &lt;2, ambiente no tiene las condiciones favorables para el crecimiento de los corales</p>
---	--	--

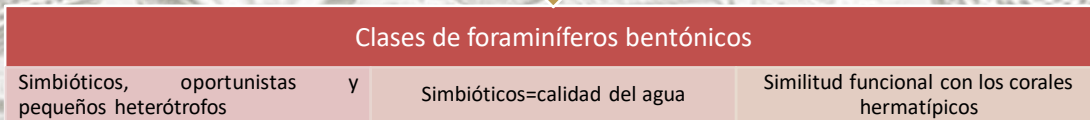
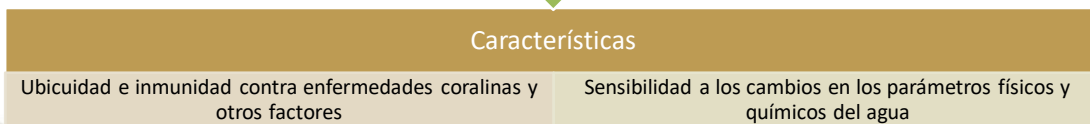
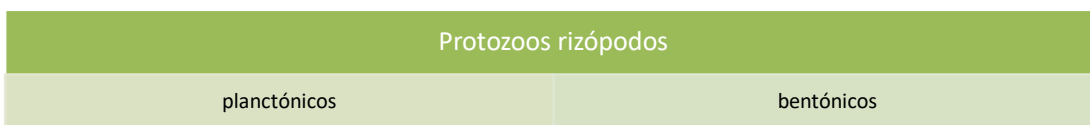
(Hallock et al. 2003; Hallock, P., 2012; Hayward, B.W., et al., 2016; Gómez, M., 2015; Velásquez, J. et al., 2011)



## MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL



### ✓ Foraminíferos



(Acosta, 2004; Cockey et al., 1996; Gómez, 2015; Hayward, B.W., en World Foraminifera Database, 2016; Hallock et al. 2003; Hallock, P., 2012; Velásquez et al., 2011)

## MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL



### ✓ Composición de la comunidad de foraminíferos bentónicos

$$H' = -\sum p_i \ln p_i \text{ (Ecuación 5)}$$

Diversidad de Shannon-Wiener:  
Uniformidad de los valores  
relevantes.

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}} \text{ (Ecuación 6)}$$

Donde,  $H'_{max} = \ln(S)$  (Ecuación 7)

Uniformidad de Pielou (J): Igualdad  
de la diversidad presentada en  
comparación de la máxima  
diversidad esperada

$$\text{Lambda} = \sum p_i^2 \text{ (Ecuación 8)}$$

Donde,  $p_i$  = la abundancia proporcional  
de la especie  $i$

Índice de Simpson: Representa la  
probabilidad de que dos individuos  
de la muestra correspondan a la  
misma especie

$$N1 = \text{Número de especies abundantes} = e^{H'} \text{ (Ecuación 9)}$$

$$N2 = \text{Número de especies muy abundantes} = \frac{1}{\text{Lambda}} \text{ (Ecuación 10)}$$

Número de diversidad de Hill:  
Determina el número de especies  
cuando dichas especies ya han sido  
ponderadas por su abundancia

Riqueza específica (S): Conteo  
del número de especies.

(Giraldo, 2015; Gómez-Lemos et al., 2010; Hill, 1973; López et al., 2005; Magurran, 1988; Moreira, 2009; Moreno, 2001; Uehara-Prado et al., 2009)



## MARCO TEÓRICO-REFERENCIAL



### ✓ Similaridad y análisis multivariado

Coefficiente de Bray-Curtis:  
mide las diferencias en  
abundancia de los taxones  
que componen las  
muestras

Porcentaje  
de  
similitud  
(SIMPER)

- Busca obtener los porcentajes de la contribución de los diferentes taxones en la discriminación de los grupos

Escalamiento  
multidimensi  
onal no  
métrico  
(MDS)

- Esta técnica permite representar gráficamente las muestras en un número específico de dimensiones.

Análisis de  
similitud  
(ANOSIM)

- Permite comparar dos o más grupos de especies, desarrolla un R estadístico.

(Burton, 2003; Cai et al., 2013; Cooper et al. 2009; Escobar, 2002; Flórez et al, 2008; Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Raymond et al. 2012; USEPA, 2004; Vivas-Aguas et al., 2012)



## ÁREA DE ESTUDIO



### PARQUE NACIONAL NATURAL CORALES DE PROFUNDIDAD (PNN CPR), CARIBE COLOMBIANO

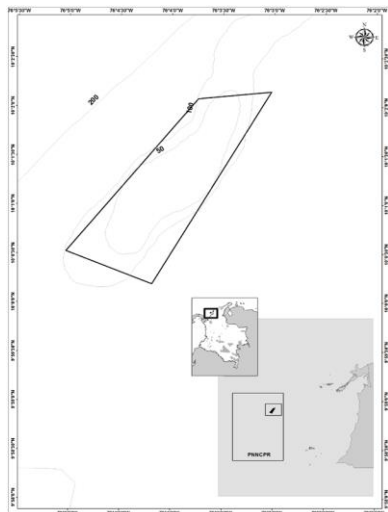
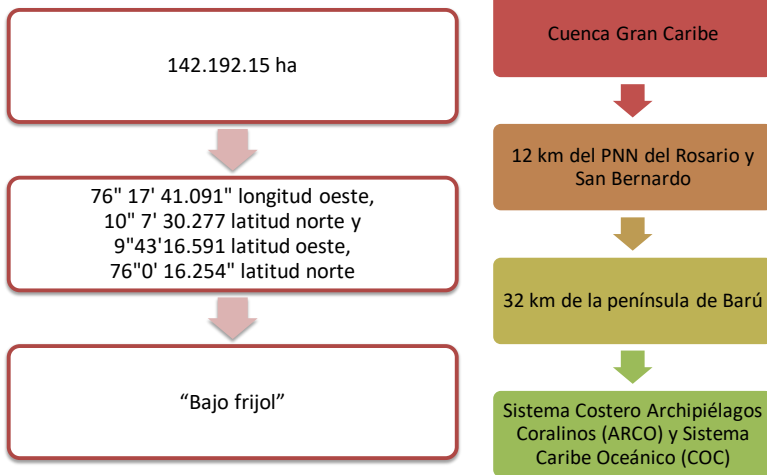


Figura 2: Delimitación del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad, Caribe Colombiano (Henao, 2016).



(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013; Mumby et al. 2006; Parques Nacionales Naturales de Colombia, última actualización, 2016; Sánchez et al., 2014)



## METODOLOGÍA



### ✓ Etapa de campo

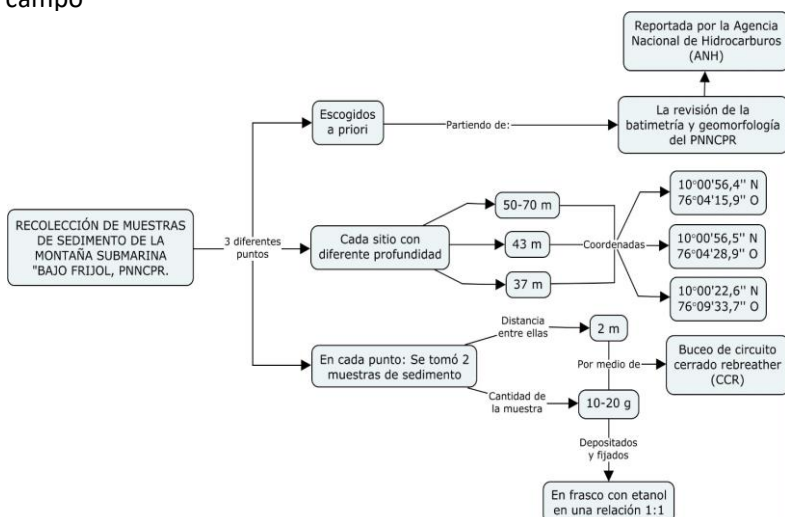


Figura 3: Metodología de recolección de los sedimentos superficiales de la cima de la montaña submarina Bajo Frijol, en el Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (Velásquez et al., 2011).



## METODOLOGÍA



### ✓ Etapa de laboratorio

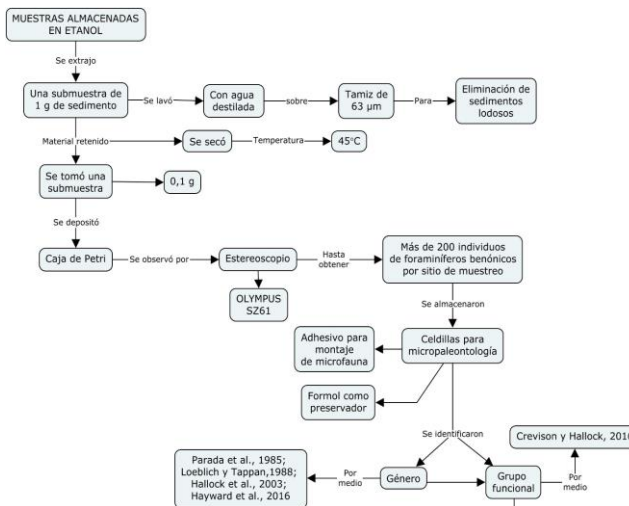


Figura 4: Metodología para identificación de especies de foraminíferos bentónicos encontrados en las muestras tomadas en la montaña submarina Bajo Frijol, en el PNNCPR. (Hallock, P., 2012)



## METODOLOGÍA



### ✓ Etapa de gabinete

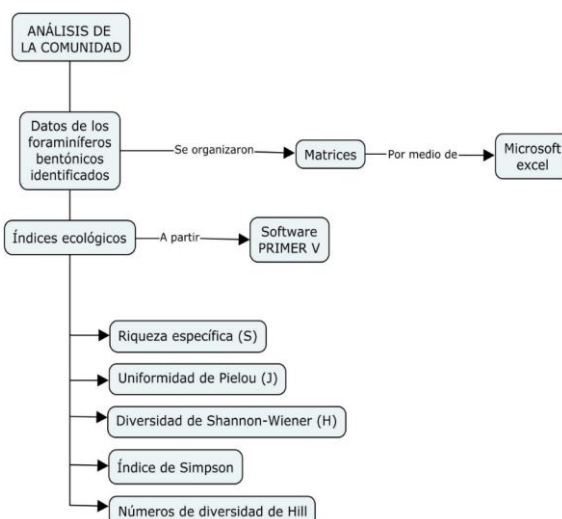


Figura 5: Metodología para análisis de la comunidad de foraminíferos bentónicos encontrados en los sedimentos de la montaña submarina Bajo Frijol, en PNNCPR. (Henao, 2008; Gómez, 2015)





## METODOLOGÍA



### ✓ Etapa de gabinete

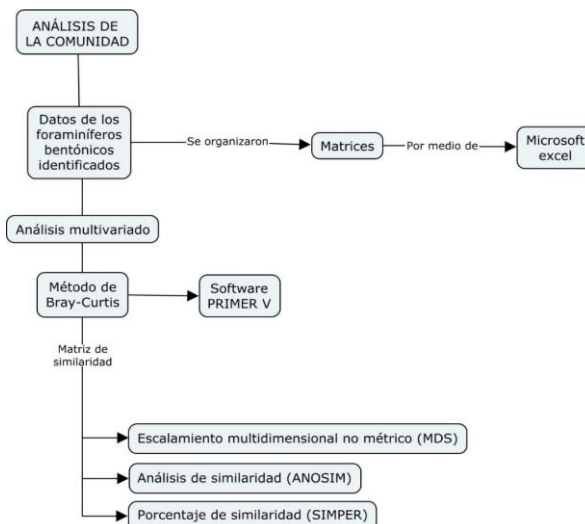


Figura 6: Metodología para el análisis multivariado, para la determinación de similitud entre las muestras tomadas en la montaña submarina Bajo Frijol en el PNNCPR. (Hallock, 2012; Henao, 2008)



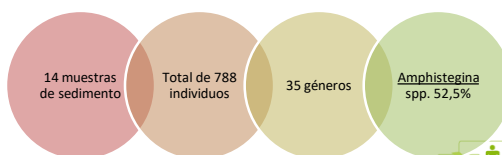
## RESULTADOS



### ✓ FORAM Index

Tabla 4: Clasificación de los foraminíferos bentónicos por grupo funcional y género en los tres puntos de muestreo y sus respectivas replicas.

Grupo funcional	Género	PNNCPR																	
		Profundidad																Total	
		a=37 m					b=43 m					c= 50-70 m							
		1	3	4	5	total	1	2	3	4	5	total	1	2	3	4	5		total
Simbióticos	Amphistegina	33	24	30	40	127	37	17	23	28	46	151	35	22	23	23	33	136	414
	Peneroplis				1	1				1		1					1	1	3
	Archaia				1	1						0						0	1
	Asterigerina					0						0	2					2	2
Oportunistas	Elphidium	1	2			3			1			1			2		1	3	7
	cribroelphidium			1		1	1	1				2						0	3
	Ammonia					0			3	1		4						0	4
	Bolivina					0						0	1				1	1	1



## RESULTADOS

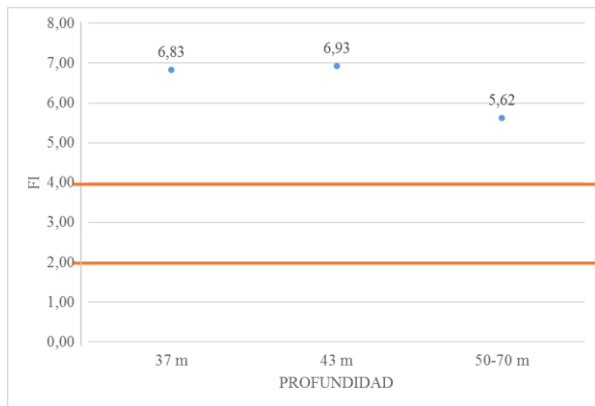
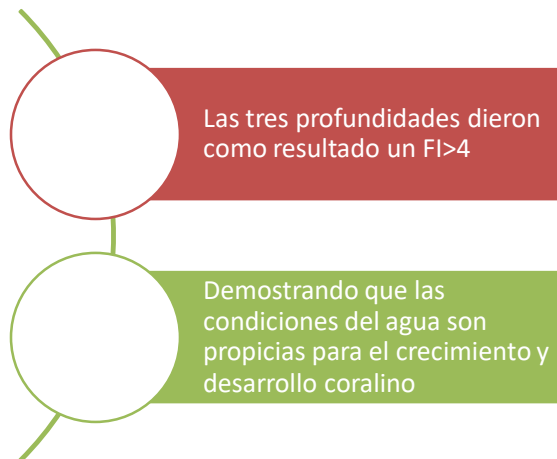


Figura 7: Valores promedio del FORAM Index (FI) en las tres profundidades muestreadas. Las líneas horizontales representan los valores en la escala del FI.



## RESULTADOS



### ✓ Diferencia entre profundidades

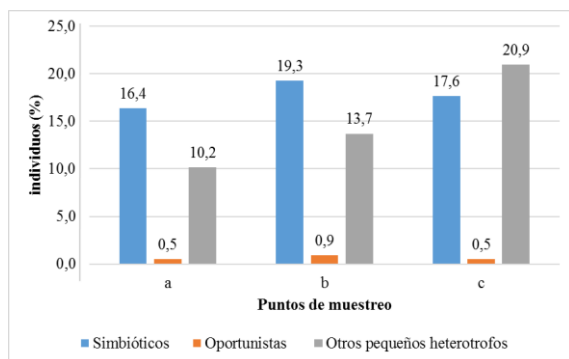


Figura 8: Porcentaje del número de individuos por grupo funcional en los tres puntos de muestreo, en la montaña submarina Bajo Frijol.



## RESULTADOS



Tabla 6: Índices de diversidad aplicados a las muestras en las tres profundidades.

Sitio	S	N	J	H	Lambda'	N1	N2
A	20	213	0,57	1,70	0,37	5,50	2,69
B	22	267	0,57	1,75	0,34	5,74	2,91
C	26	308	0,61	2,00	0,24	7,36	4,10



## RESULTADOS

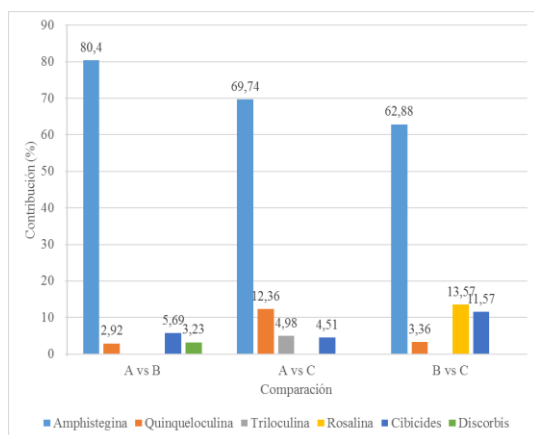


Figura 9: Porcentaje de contribución de los géneros con mayor abundancia en los diferentes puntos de muestreo, dados por SIMPER (porcentaje de similitud).

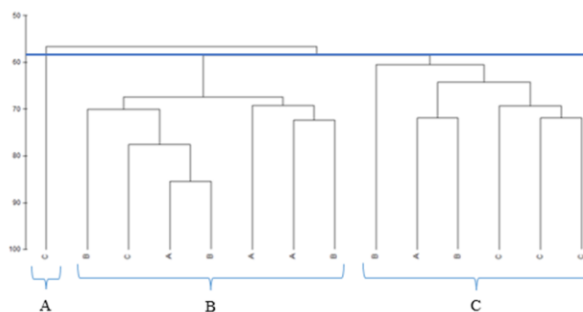


Figura 10: Dendrograma del análisis de clasificación basado en el coeficiente de Bray-Curtis



**RESULTADOS** 

Tabla 7: ANOSIM cruzando los tres grupos indicando los valores R Global y el Nivel de significancia correspondiente.

Grupo	Estadístico Global ( R )	Nivel de significancia P (%)
A-B	-0,203	89,7
A-C	0,141	20,6
B-C	0,212	11,1
<b>Análisis global</b>	0,067	27,9

R global cercano a 0

No representa diferencias significativas



**RESULTADOS** 

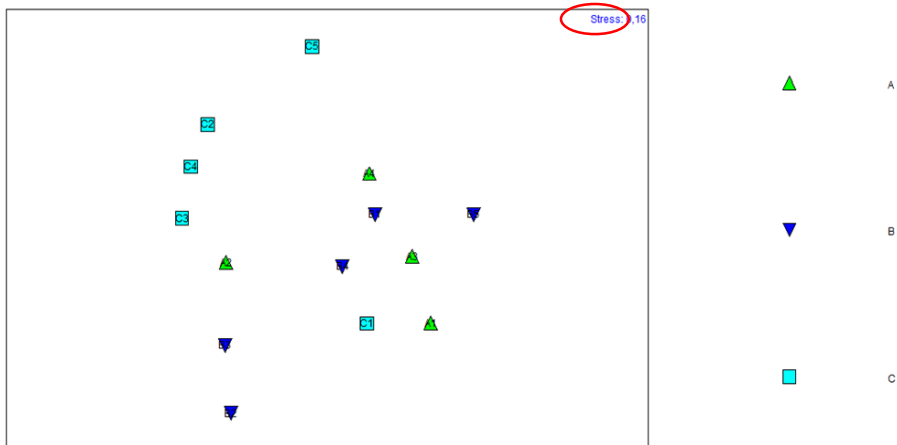


Figura 11: Escalamiento multidimensional no métrico (MDS) de los puntos de muestreo ubicados en la montaña submarina Bajo Frijol en Parque Nacional Natural Corales de Profundidad



# ANÁLISIS DE RESULTADOS



✓ FORAM Index



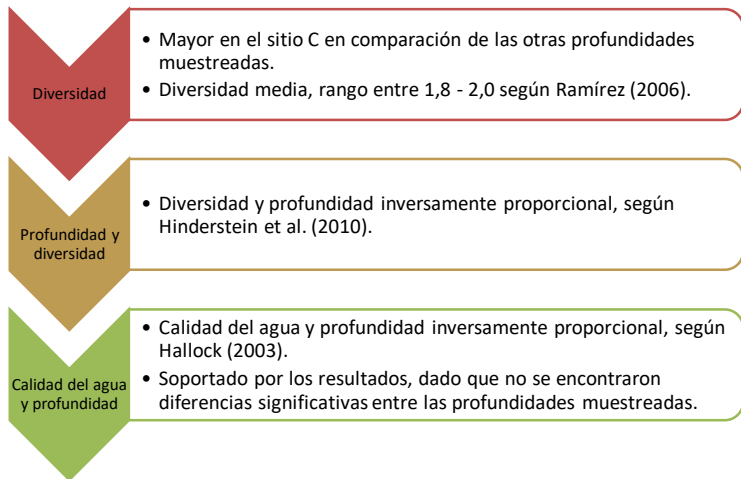
(Crevison y Hallock, 2016; cockey et al.,1996; Gómez, 2015; Hallock 1982; Hallock, 1996; Hallock, 2000; Hallock et al, 2003; Hallock, 2012; Hayward et al., 2016; Loeblich y Tappan, 1988; Parada et al., 1985; Velásquez et al., 2011;)



# ANÁLISIS DE RESULTADOS



✓ Diferencias entre sitios de muestreo



(Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Ramírez, 2006); Reymond et al. 2012; USEPA, 2004; Vivas-Aguas et al., 2012)



## ANÁLISIS DE RESULTADOS



✓ Diferencias entre sitios de muestreo

### Escalamiento multidimensional no métrico (MDS)

No hay separación significativa entre las muestras

- Composición de la comunidad de foraminíferos bentónicos es homogénea.
- Principalmente A y B.

### Nivel de stress

- 0,16, indicando ser buena representación de las muestras.

### Búsqueda de tendencia

- Alta abundancia de *Amphistegina spp.* o la presencia de géneros exclusivos como *Discorbis spp.*, *Triloculina spp.* y *Rosalina spp.*
- Soportado por los resultados de Gómez (2015).

(Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Raymond et al. 2012; USEPA, 2004; Vivas-Aguas et al., 2012)



## ANÁLISIS DE RESULTADOS



✓ Diferencias entre sitios de muestreo

### Análisis de similitud (ANOSIM)

Cercano a 0 (0,067), indicando que no existen diferencias significativas respecto a la profundidad muestreada.

$R_{global}$

No puede considerarse ensamblajes independientes, dado que según Schiller (2003), se consideran independientes si los valores de  $R_{global}$  se encuentran entre 0,75 y 1.

Ensamblajes independientes

(Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Nixon et al., 1995; Posada, 2012; Raymond et al. 2012; Schiller, 2003;)



## ANÁLISIS DE RESULTADOS



- ✓ Diferencias entre sitios de muestreo

### Análisis de contribución de especies (SIMPER)

#### Género de mayor abundancia

*Amphistegina spp.* genera un aporte significativo en la disminución de la similaridad, soportado por Velásquez et al. (2011) y Gómez (2015).

Características del agua oligotrófica, soportado por Gómez (2015).

(Gómez, 2015; Hallock et al. 2003; Hallock, 2012; Henao, 2013; Hinderstein et al. 2010; Hughes et al., 2014; Kahng et al. 2010; Kahng et al. 2014; Posada, 2012; Raymond et al. 2012; Velásquez et al., 2011)



## CONCLUSIONES



- ✓ El PNN CPR presenta buena calidad del agua marina, demostrando que no hay un aporte de nutrientes significativo al ecosistema, con un FI > 4, indicando condiciones favorables para el crecimiento y recuperación coralino.
- ✓ El agua del Parque puede considerarse oligotrófica, debido a la alta abundancia de foraminíferos simbióticos, siendo estos característicos de áreas con baja concentración de materia orgánica.
- ✓ La composición de la comunidad no se ve alterada con la profundidad en el ecosistema mesofótico estudiado del PNN CPR.



## RECOMENDACIONES



- Implementar como variable en el programa de monitoreo del PNN CPR.

FORAM Index

- Mayores sitios de muestreo y mayor número de muestras.
- Mayor profundidad.

Toma de muestras

- Según Hallock (2003), estos representan la posible presencia de metales pesados y características geoquímicas del agua que afectan el ecosistema.

Foraminíferos en malas condiciones

(Hallock, 2003)



## Bibliografía



- ✓ Acosta, N. C. (2004). Compendio de foraminíferos de Colombia. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 1.
- ✓ Alonso, D., Vides, M., Cedeño, C., Marrugo, M., Henao, A., Sanchez, J.A., Dueñas, L., Andrade, J.C.,
- ✓ González, F., Gómez, M. (2015). Parque Nacional Natural Corales de Profundidad: descripción de comunidades coralinas y fauna asociada. Santa Marta: Serie de Publicaciones Generales del Inveimar No. 88.
- ✓ Alvarado, E., Abello, M., McRae, E., Baquero, J., McAllister, D. (2004). Manual de cuidados para los Arrecifes de coral del Gran Caribe. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- ✓ Andersen, J., Schlüter, L., A Ertebjerg, G. (2006). Eutrofización costera: evolución reciente de las definiciones e implicaciones para las estrategias de vigilancia. *Journal of Plankton Research*; 28(7): 621-628.
- ✓ Burke, L., Reyter, M., Spalding y Perry, A. (2011). *Reefs at risk revisited*. Washington, D.C.: World Resources Institute.
- ✓ Burton, J. (2003). *Integrated Water Resources Management on a Basin Level: A training manual*. UNESCO, 240.
- ✓ Cai, W. J., Hu, X., Huang, W. J., Murrell, M. C., Lehrter, J. C., Y Otros. (2013) Acidification of subsurface coastal waters enhanced by eutrophication. Recuperado en 31, julio, 2016, con <http://www.nature.com/naturegeoscience>
- ✓ Cockey, E., Hallock, P., y Lidz, B. H. (1996). Decadal-scale changes in benthic foraminiferal assemblages off Key Largo, Florida. *Coral Reefs*, 15(4), 237–248.





- ✓ Cooper, T. F., Gilmour, J. P., y Fabricius, K. E. (2009). Bioindicators of changes in water quality on coral reefs: review and recommendations for monitoring programmes. *Coral Reefs*, 28(3); 589–606.
- ✓ Crevison, H., Hallock, P. (s.f.). Key subtropical weatern atlantic and caribbean taxa. College of Marine Science University of South Florida St. Petersburg. Recuperado 25, agosto, 2016, con [http://www.marine.usf.edu/reefslab/foramcd/html\\_files/titlepage.htm](http://www.marine.usf.edu/reefslab/foramcd/html_files/titlepage.htm)
- ✓ Departamento Administrativo de la Función Pública. (2011). Ley 3570 de 2011. Secretaría del Senado Recuperado en 8, octubre, 2016, con [http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto\\_3570\\_2011.html](http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/decreto_3570_2011.html)
- ✓ Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Naciones Unidas. CEPAL – SERIE, Recursos naturales e infraestructura, 50(68).
- ✓ Fabricius, K.E., Cooper, T.F., Humphrey, C., Uthicke, S., De’ath, G., Davidson, J., LeGrand, H., Thompson. A., Schaffelke, B. (2012). A bioindicator system for water quality on inshore coral reefs of the Great Barrier Reef. *Marine Pollution Bulletin*, 65(4-9); 320–332.
- ✓ Flórez, N., Pardo, M., Lopera, M. (2008). Estrategia Nacional de monitoreo del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia. Recuperado en 25, septiembre, 2016, con [http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/Estrategia\\_Nacional\\_de\\_Monitoreo\\_SPNN\\_2008.pdf](http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/Estrategia_Nacional_de_Monitoreo_SPNN_2008.pdf)
- ✓ Giraldo, A. E. (2015). La suficiencia taxonómica como herramienta para el monitoreo de artrópodos epígeos: una primera aproximación en el desierto costero peruano. *Scielo, Ecología aplicada*, 14 (2); Recuperado en 25, septiembre, 2016, con [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162015000200007&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162015000200007&script=sci_arttext)



- ✓ Gómez, M. (2015). Foraminíferos como bioindicadores de calidad del agua marina en el norte de Isla Barú (Caribe Colombiano), Empleando El Foram Índex. Tesis de grado. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- ✓ Gómez-Lemos, L., Cruz, N., Duque, G. (2010). Composición y estructura del ensamblaje de crustáceos Brachyura de la plataforma continental de la Guajira colombiana y su relación con la profundidad y las características del sedimento. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 39 (2): 359-379
- ✓ Hallock, P., Talge, H. (2003). Ultrastructural Responses in Field-Bleached and Experimentally Stressed *Amphistegina Gibbosa* (Class Foraminifera). *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 50(5), 324-333.
- ✓ Hallock, P. (2012). The FORAM Index revisited: uses, challenges, and limitations. Australia: 12th International Coral Reef Symposium Cairns.
- ✓ Hallock, P. (1996). *Amphistegina* (Foraminiferida) Densities as a Practical, Reliable, LowCost Indicator of Coral Reef Vitality. En: Crosby, M.P., G.R. Gibson, y K.W. Potts (Eds.) *A Coral Reef Symposium on Practical, Reliable, Low Cost Monitoring Methods for Assessing the Biota and Habitat Conditions of Coral Reefs*, January 26-27, 1995 (pp.37-44). Annapolis, MD: Office of Ocean and Coastal Resource Management, National Oceanic and Atmospheric Administration, Silver Spring, MD.
- ✓ Hallock, P. (2000). Larger foraminifera as indicators of coral reef vitality. En: Martin, R. E. (Ed.), *Environmental micropaleontology: the application of microfossils to environmental geology* (pp. 121-150). New York, NY: Springer Science+Business Media.



- ✓ Hallock, P. (1982). Evolution and extinction in large Foraminifera. *Proceeding 3rd North American Paleontoly Convention* 1; 221-225.
- ✓ Hayward, B.W., Cedhagen, T., Kaminski, M., Gross, O. (2016). World Foraminifera Database. Recuperado en 17, julio, 2016, con <http://www.marinespecies.org/foraminifera>
- ✓ Henao, H. A. (2008). Composición de la comunidad arrecifal bentónica de un área marina protegida (AMP) y un área marina no protegida (NMP) con y sin exposición al buceo. Tesis de grado. Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- ✓ Henao, H. A. (2013). Efectos de los aportes del Canal del Dique sobre el reclutamiento de especies de coral en los arrecifes del Archipiélago Nuestra Señora del Rosario, Área Marina Protegida. Tesis de maestría. Bogotá, Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- ✓ Henao-Castro, H. A. (2016). Programa de Monitoreo del Parque Nacional Natural Corales de Profundidad (PNN CPR). Plan de Manejo 2016-2021. Dirección Territorial Caribe. Parques Nacionales Naturales de Colombia. Ciudad, Colombia. 48 Pág.
- ✓ Hill, M.O. (1973). Diversity and evenness: a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54; 427-432
- ✓ Hinderstein, L., Marr, J., Martínez, F., Dowgiallo, M., Puglise, K., Pyle, R., Zawada, D., Appeldoorn, R. (2010). Theme section on “Mesophotic Coral Ecosystems: Characterization, ecology, and management”. *Coral Reefs*. 29: 247-251.
- ✓ Hughes, R. N., Hughes, D. J., Smith I.P. (2014). *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review*, Volumen 52: 165-166.



- ✓ Jennings, S., Polunin, N.V.C., 1996. Impacts of fishing on tropical reef ecosystems. *Ambio* 25 (1), 44-49.
- ✓ Kahng, S., Copus, J., Wagner, D. (2014). Recent advances in the ecology of mesophotic coral ecosystems (MCEs). *Current Opinion in Environmental Sustainability*. 7: 72-81.
- ✓ Kahng, S. E., Garcia-sais, J., Spalding, H. L., Brokovich, E., Wagner, D., Weil, E., Toonen, R. J. (2010). Community ecology of mesophotic coral reef ecosystems. *Coral Reefs*, 29(2), 255-275.
- ✓ Loeblich, A. R., y Tappan, H. (1988). *Foraminiferal genera and their classification*. New York, NY: Van Nostrand Reinhold.
- ✓ Londoño, V., Cuevas, A. M. (2012). Parques de corales, en peligro. *El Espectador*, pág. artículo: 373924. Recuperado en 30, julio, 2016, con <http://www.elespectador.com/noticias/actualidad/vivir/un-parque-bajo-el-agua-articulo-417990>
- ✓ López, R. C., Rocha, A., Ramírez, A. (2005). Cambios de los ensamblajes de peces del sistema lagunar de Alvarado (sla), Veracruz, México. *Revista Digital Universitaria*, 6(8). Recuperado en 25 octubre, 2016, con <http://www.revista.unam.mx/vol.6/num8/art79/art79-1.htm>
- ✓ Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. New Jersey: Princeton University Press, 179 pp
- ✓ Ministerio de Agricultura. (1979). Decreto 1875 de 1979. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado en 8, octubre, 2016 con [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/25-dec\\_1875\\_1979.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/25-dec_1875_1979.pdf)



- ✓ Ministerio de Agricultura. (1979). Decreto 1876 de 1979. Red Jurídica. Recuperado en 8, octubre, 2016 con [https://www.redjurista.com/documents/d1876\\_79.aspx#/viewer](https://www.redjurista.com/documents/d1876_79.aspx#/viewer)
- ✓ Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013). Resolución Número 0339. Recuperado en 19, julio, 2016, con [www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/coralesdeprofundidadok.pdf](http://www.parquesnacionales.gov.co/PNN/portel/libreria/pdf/coralesdeprofundidadok.pdf)
- ✓ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Decreto 2372 de 2010. Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado en 8, octubre, 2016 con [http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec\\_2372\\_2010.pdf](http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/decretos/2010/dec_2372_2010.pdf)
- ✓ Moreira, M. (2009). Moreira, M. Tratamiento de datos. En Aplicación y selección de indicadores de calidad ecológica en la utilización de fertilizantes orgánicos para la producción de forraje (48-52). España: Universidad de Santiago de Compostela; 48-52
- ✓ Moreno, C. E. (2001). M&T-Manuales y Tesis SEA. Zaragoza. Métodos para medir la biodiversidad, 1
- ✓ Mumby, P., (2006). Connectivity of reef fish between mangroves and coral reefs: Algorithms for the design of marine reserves at seascape scales. *Biological Conservation*, 18 (2); 215-222.
- ✓ NIXON, S. W. (1995). "Coastal marine eutrophication, a definition, social causes, and future concerns". *Ophelia*, Vol. 41, p. 199-219.



- ✓ Oliver, L. M., Fisher, W. S., Dittmar, J., Hallock, P., Campbell, J., Quarles, R.L., Harris, P. y LoBlue, C. (2014). Contrasting responses of coral reef fauna and foraminiferal assemblages to human influence in La Parguera, Puerto Rico. *Marine Environmental Research*, 99; 95–105.
- ✓ Parada, C. P., y Pinto, J. P. (1986). Foraminíferos bentónicos recientes de la plataforma continental interna de Isla Barú. Bogotá, Colombia: Fondo para la Protección del Medio Ambiente "José Celestino Mutis".
- ✓ Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. (s.f.). Obtenido de Ubicación Geográfica Parque Nacional Natural Corales de Profundidad. Recuperado en 2, junio, 2016, con <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/es/parques-nacionales/parque-nacional-natural-corales-de-profundidad/>
- ✓ Posada, O. N., Rangel, S., Narváez, L.J., Vivas-Aguas, L.F., Espinosa., García, C. (2012). Aspectos físicos del paisaje en la zona marina y costera, 24 – 43. CORPOGUAJIRA-INVEMAR. 2012. Atlas marinocostero de La Guajira. Series de Publicaciones Especiales INVEMAR # 27. Santa Marta, 188 p.
- ✓ Ramírez, A. (2006). Aplicaciones. En: Ramírez, A. Ecología: Métodos de muestreo y análisis de poblaciones y comunidades (58-61). Bogotá: Editorial Pontificia Universidad Javeriana; 58-61
- ✓ Restrepo, J., Zapata, P., Díaz, J., Garzón-ferreira, J., y García, C. (2006). Fluvial fluxes into the Caribbean Sea and their impact on coastal ecosystems: The Magdalena River, Colombia. *Global and Planetary Change*, 50(1-2), 33–49.



- ✓ Reymond, C. E., Uthicke, S., y Pandolfi, J. M. (2012). Tropical Foraminifera as indicators of water quality and temperature. Proceedings of the 12th International Coral Reef Symposium, Cairns, Australia, July 9-13, 2012. Recuperado en 29, julio, 2016, con [http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012\\_21B\\_2.pdf](http://www.icrs2012.com/proceedings/manuscripts/ICRS2012_21B_2.pdf)
- ✓ Roldán, G., Ramírez, J. J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Rionegro: Universidad de Antioquia.
- ✓ Sánchez, J. A., Ardila, N. E., Andrade, J., Dueñas, L. F., Navas, R., Ballesteros D. (2014). Octocoral densities and mortalities in Gorgona Island, Colombia, Tropical Eastern Pacific. Revista de Biología Tropical / International Journal of Tropical Biology and Conservation. 62(1); 209-219
- ✓ Sanpieri, H. (2003). Metodología y Técnicas de Investigación. México, D.F.: McGraw-Hill Interamericana.
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1959). Ley 2 de 1959. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=9021>.
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1974). Decreto 2811 de 1974. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1551>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1977). Decreto 622 de 1977. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8265>



- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1989). Decreto 1978 de 1989. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1523>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1991). Constitución Política de Colombia de 1991. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=4125>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1993). Ley 99 de 1993. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=297>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1994). Decreto 1743 de 1994. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1301>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (1994). Ley 165 de 1994. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=37807>
- ✓ Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C. (2010). Ley 1382. Alcaldía de Bogotá. Recuperado en 8, octubre, 2016, con <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38863>
- ✓ Schueth, J. D., y Frank, T. D. (2008). Reef foraminifera as bioindicators of coral reef health: Low Isles Reef, northern Great Barrier Reef, Australia. The Journal of Foraminiferal Research, 38(1), 11–22.



- ✓ Uehara-Prado, M., de Oliveira Fernandes, J., de Moura Bello, A., Machado, G., Santos, A. J., Zagury Vaz de Mello, F., Lucci Freitas, A. V. (2009). Selecting terrestrial arthropods as indicators of small-scale disturbance: A first approach in the Brazilian Atlantic Forest. *Biological Conservation*, 142(1220-1228).
- ✓ USEPA, Environmental Protection Agency. (2004). *Classification Framework for Coastal Systems*. Washington DC: U.S., p. 66.
- ✓ Uthicke, S., Thompson, A., y Schaffelke, B. (2010). Effectiveness of benthic foraminiferal and coral assemblages as water quality indicators on inshore reefs of the Great Barrier Reef, Australia. *Coral Reefs*, 29(1), 209–225. doi:10.1007/s00338-009-0574-9
- ✓ Velásquez, J., López-Angarita, J., Sánchez, J.A. (2011). Evaluation of the FORAM index in a case of conservation: Benthic foraminifera as indicators of ecosystem resilience in protected and non-protected coral reefs of the Southern Caribbean. *Biodivers Conserv*, DOI 10.1007/s10531-011-0152-7.
- ✓ Vivas-Aguas, L.J., Tomic, M., Narváez, S., Cadavid, B., Bautista, P., Betancourt, J., Parra, J., Carvajalino, M., Espinosa, L. (2012). Diagnóstico y evaluación de la calidad ambiental marina en el Caribe y Pacífico colombiano. Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia. –REDCAM. Informe técnico 2011. INVEMAR. Santa Marta, 229 p.



La **calidad**  
**de vida,**  
compromiso  
de **TODOS**



UNIVERSIDAD  
**EL BOSQUE**

Por una cultura de la vida, su calidad y su sentido