

# Representaciones de disimilitudes en bioacústica computacional: una metodología para el monitoreo automatizado de aves

Mauricio Orozco Alzate<sup>\*,\*</sup>

Departamento de Informática y Computación  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Carolina Acosta Muñoz

<sup>\*</sup>Grupo de Procesamiento y Reconocimiento de Señales  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales

Sergio Ocampo Tobón

Fundación Gabriel Arango Restrepo – FUNDEGAR  
Aguas de Manizales S.A. E.S.P.

<sup>\*</sup>Sociedad Caldense de Ornitología

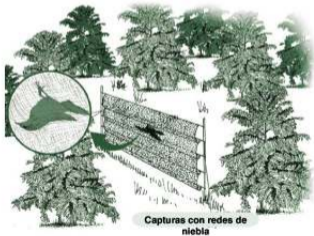
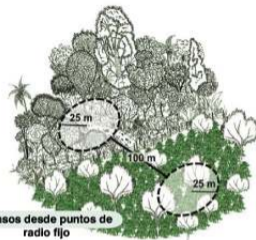
Simposio: Avances en Bioacústica en la Ornitología Colombiana  
III Congreso de Ornitología Colombiana  
Medellín, noviembre 22 de 2010

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Sumario

- Introducción
  - **Métodos tradicionales para monitorear las aves**
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Métodos tradicionales para monitorear las aves

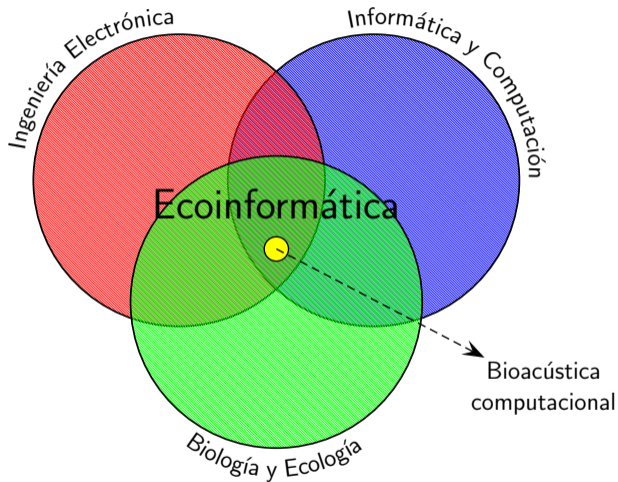


Fuente: [Botero et al., 2005]: Métodos para estudiar las aves

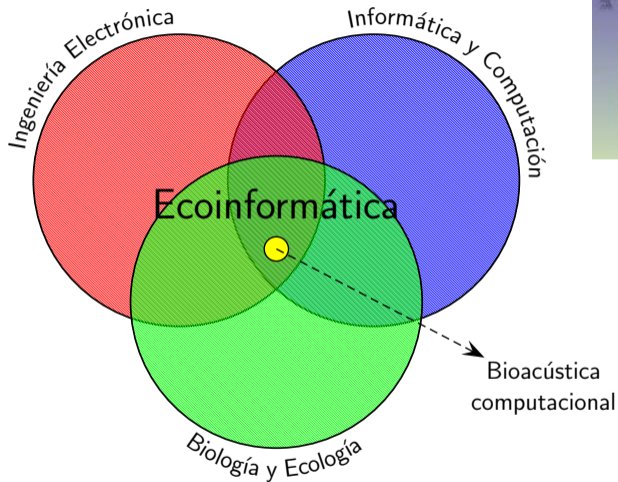
# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - **Ecoinformática y bioacústica computacional**
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

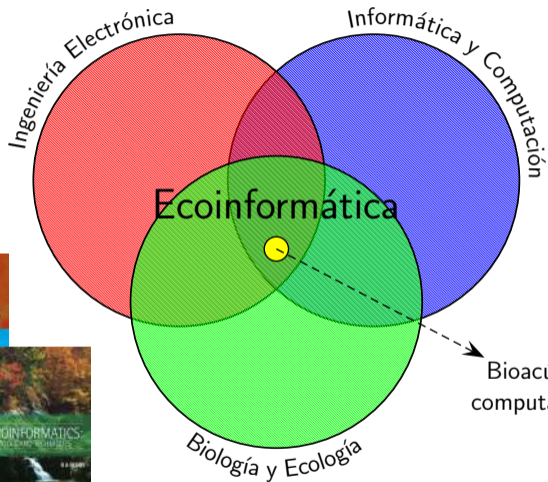
# Ecoinformática o informática ecológica



# Ecoinformática o informática ecológica

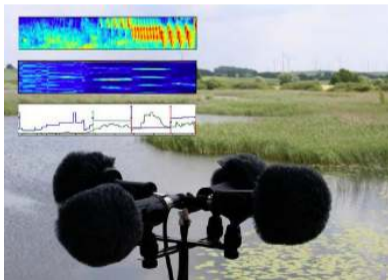


# Ecoinformática o informática ecológica



# Bioacústica computacional

- Uso de tecnologías de la computación para el estudio de los sonidos de los animales [Chesmore et al., 2008]
- Especialmente orientada a la identificación **automatizada** de taxones → sistemas de reconocimiento automático para monitoreo de biodiversidad

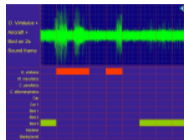


Fuente: [Frommolt et al., 2008]: *Computational bioacoustics for assessing biodiversity*

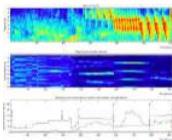
# Investigaciones en bioacústica computacional



Red de monitoreo remoto y automatizado de la biodiversidad (ARBIMON). Depto. de Biología, Universidad de Puerto Rico



Identificación bioacústica automatizada de especies de aves e insectos. Depto. de Electrónica, Universidad de York



Detección de sonidos de aves en ambientes acústicos complejos y su aplicación para monitoreo bioacústico. Grupo de Reconocimiento de Patrones Multimedia, Instituto Fraunhofer, Alemania

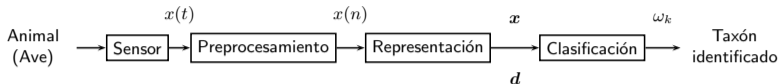


Desarrollo de algoritmos para identificación automática de especies de aves en registros de audio. Grupo de Bioacústica, programa de Ecoinformática, Universidad del Estado de Oregon

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - **Sistemas de reconocimiento automático**
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

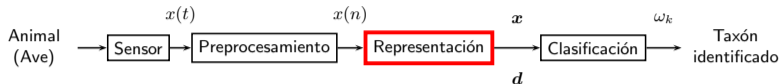
# Sistemas de reconocimiento automático



En bioacústica computacional:

- $x(t)$  Señal de audio analógica
- $x(n)$  Señal de audio digital (discreta y preprocesada)
- $x$  Vector de características acústicas
- $d$  Vector de disimilitudes
- $\omega_k$  Etiqueta de taxón asignada por algoritmo de clasificación

# Sistemas de reconocimiento automático



En bioacústica computacional:

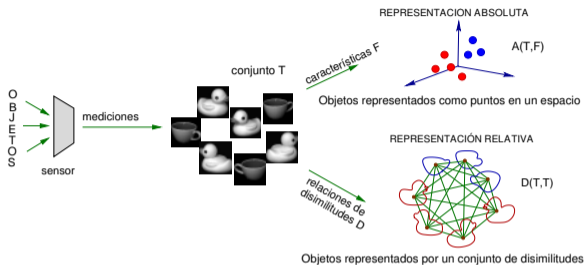
- $x(t)$  Señal de audio analógica
- $x(n)$  Señal de audio digital (discreta y preprocesada)
- $x$  Vector de características acústicas
- $d$  Vector de disimilitudes
- $\omega_k$  Etiqueta de taxón asignada por algoritmo de clasificación

- **Introducción**
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- **Métodos**
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- **Resultados**
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- **Discusión y conclusión**
- **Información de contacto y preguntas**

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - **Representaciones en reconocimiento automático**
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

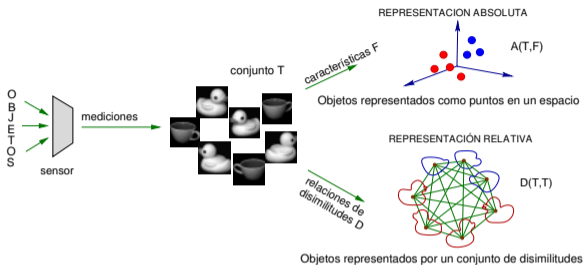
# Representaciones en reconocimiento automático



Representaciones de disimilitudes [Pekalska and Duin, 2005]:

- Descripciones generales y fundamentales en reconocimiento de patrones

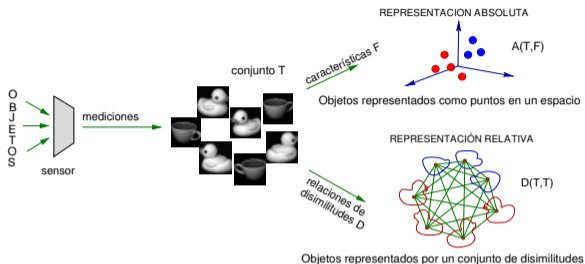
# Representaciones en reconocimiento automático



Representaciones de disimilitudes [Pekalska and Duin, 2005]:

- Descripciones generales y fundamentales en reconocimiento de patrones
- En ellas, los clasificadores bayesianos pueden superar el desempeño del clasificador del vecino más cercano: velocidad y precisión

# Representaciones en reconocimiento automático



## Representaciones de disimilitudes [Pełkalska and Duin, 2005]:

- Descripciones generales y fundamentales en reconocimiento de patrones
- En ellas, los clasificadores bayesianos pueden superar el desempeño del clasificador del vecino más cercano: velocidad y precisión
- Permite considerar las mediciones de los objetos (e.g. imágenes, señales de audio, espectros) como entidades conectadas y hacer énfasis en ciertas propiedades como la forma

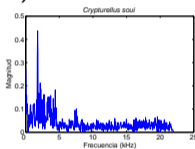
# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - **Métodos de estimación espectral**
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Métodos de estimación espectral

Las componentes en el dominio de la frecuencia de una señal de audio contienen información *discriminante*

- Transformada rápida de Fourier (FFT):
  - Eficiente pero ruidosa

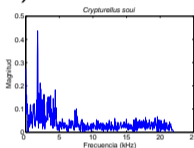


# Métodos de estimación espectral

Las componentes en el dominio de la frecuencia de una señal de audio contienen información *discriminante*

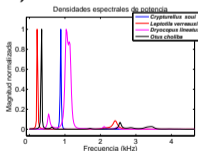
- Transformada rápida de Fourier (FFT):

- Eficiente pero ruidosa



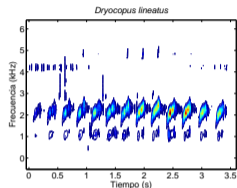
- Densidad espectral de potencia (PSD):

- Suave



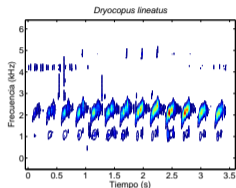
# Métodos de estimación espectral

- Espectrogramas (sonogramas):
  - Más información (tiempo-frecuencia)
  - Difícil de comparar como un todo
  - Tamaños variables según duración de señal



# Métodos de estimación espectral

- Espectrogramas (sonogramas):
  - Más información (tiempo-frecuencia)
  - Difícil de comparar como un todo
  - Tamaños variables según duración de señal

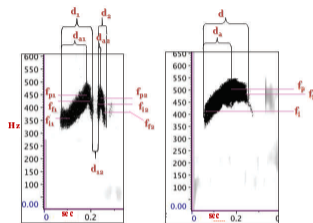


- Espectro calculado con PSD [Orozco-Alzate et al., 2008]:
  - Buen compromiso entre cantidad de información, sensibilidad al ruido y complejidad computacional

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - **Representaciones en bioacústica**
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Representación con características acústicas



Fuente: [Stiles, 2009]

**En el dominio del tiempo (8 características):**

★ Duraciones en ms:

- Primera y segunda notas ( $d_1$  y  $d_2$ )
- Porciones ascendentes de la primera nota y de la segunda nota ( $d_{a1}$  y  $d_{a2}$ )
- Intervalo entre la primera nota y la segunda nota ( $d_{12}$ )

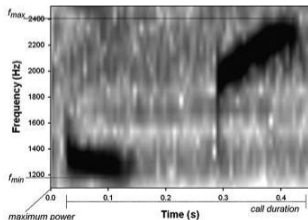
★ Proporciones:  $d_2/d_1$  y  $d_{12}/d_1$

**En el dominio de la frecuencia (11 características):**

★ Frecuencias inicial, pico y final de la primera y la segunda notas ( $f_{i1}$ ,  $f_{p1}$ ,  $f_{f1}$ ,  $f_{i2}$ ,  $f_{p2}$  y  $f_{f2}$ )

★ Proporciones:

$$f_{p1}/f_{i1}, f_{p2}/f_{i2}, f_{f1}/f_{i1}, f_{f2}/f_{i2} \text{ y } f_{p2}/f_{p1}$$



Fuente: [Acevedo et al., 2009]

**En el dominio del tiempo (1 característica):**

★ Duración total del canto en ms

**En el dominio de la frecuencia (11 características):**

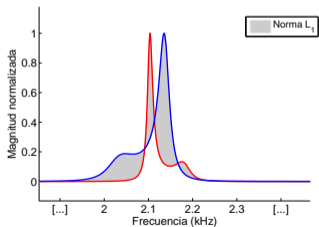
★ Frecuencias máxima y mínima

★ Potencia máxima

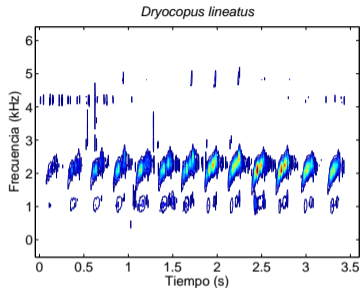
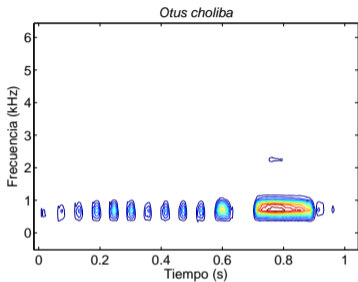
★ Frecuencias máxima y mínima en 8 segmentos del canto

# Representación con disimilitudes entre espectros

- Medidas:
  - Distancia euclidiana punto a punto (Norma  $L_2$ ):  
$$d(x, y) = \sqrt{\int |x(f) - y(f)|^2 df}, \quad d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sqrt{\sum_n |x_n - y_n|^2}$$
  - Área entre partes no traslapadas (Norma  $L_1$ ):  
$$d(x, y) = \int |x(f) - y(f)| df, \quad d(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \sum_n |x_n - y_n|$$
- La medida de disimilitud debe ser robusta al ruido y a pequeñas aberraciones en las mediciones sin procesar:



# Disimilitudes entre espectrogramas



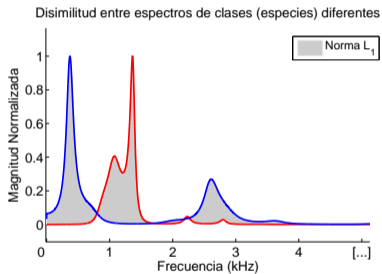
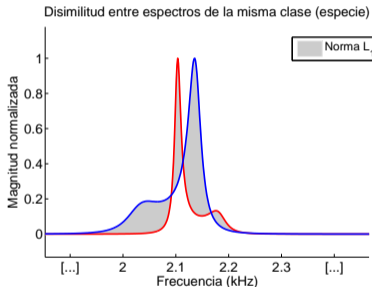
- Problema de tamaños diferentes
- Comparación costosa computacionalmente

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - **Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes**
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Espacio vectorial de disimilitudes

- PSD estimada con modelo autorregresivo de Yule-Walker [Stoica and Moses, 1997]



# Espacio vectorial de disimilitudes

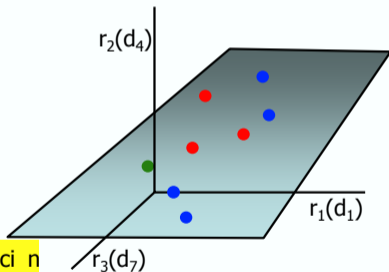
Disimilitudes

$$D_T = \begin{pmatrix} r_1 & r_2 & r_3 \\ d_{11} & d_{12} & d_{13} & d_{14} & d_{15} & d_{16} & d_{17} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & d_{24} & d_{25} & d_{26} & d_{27} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & d_{34} & d_{35} & d_{36} & d_{37} \\ d_{41} & d_{42} & d_{43} & d_{44} & d_{45} & d_{46} & d_{47} \\ d_{51} & d_{52} & d_{53} & d_{54} & d_{55} & d_{56} & d_{57} \\ d_{61} & d_{62} & d_{63} & d_{64} & d_{65} & d_{66} & d_{67} \\ d_{71} & d_{72} & d_{73} & d_{74} & d_{75} & d_{76} & d_{77} \\ d_x = (d_{x1} & d_{x2} & d_{x3} & d_{x4} & d_{x5} & d_{x6} & d_{x7}) \end{pmatrix}$$

Conjunto entrenamiento



Objeto no etiquetado



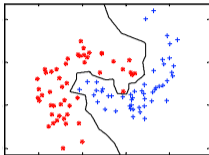
Selección de 3 objetos de representación

Conjunto de representación  $R \subseteq T$

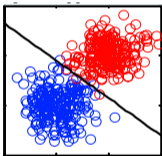
# Clasificadores en espacios de disimilitudes

Vecino más cercano (1-NN) en espacio de características:

- Se emplea como referencia de desempeño
- Equivale a clasificar según la disimilitud mínima en el espacio de disimilitudes

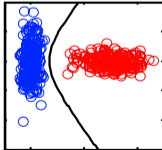


Clasificador lineal basado en densidad normal (LDA):



Clasificador cuadrático basado en densidad normal (QDA):

- Versión regularizada:  
 $\lambda = 0.01$  [Friedman, 1989]



- **Introducción**
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- **Métodos**
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- **Resultados**
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- **Discusión y conclusión**
- **Información de contacto y preguntas**

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - **Conjunto de datos**
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Conjunto de datos

- Conjunto reducido de especies, seleccionadas por mayor cantidad de registros de audio disponibles:

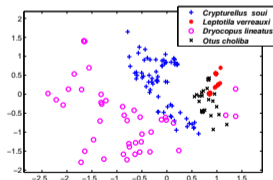
Especie	No. de registros
<i>Crypturellus soui</i>	71
<i>Leptotila verreauxi</i>	28
<i>Dryocopus lineatus</i>	44
<i>Otus choliba</i>	26

# Conjunto de datos

- Conjunto reducido de especies, seleccionadas por mayor cantidad de registros de audio disponibles:

Especie	No. de registros
<i>Crypturellus soui</i>	71
<i>Leptotila verreauxi</i>	28
<i>Dryocopus lineatus</i>	44
<i>Otus choliba</i>	26

- Escalamiento multidimensional (MDS):



# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - **Marco experimental**
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Marco experimental

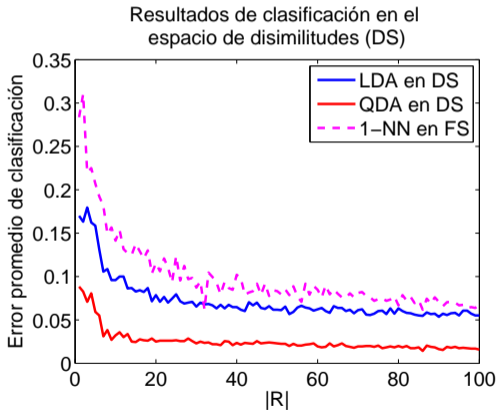
- Entrenamiento y prueba repetidos: 40 veces
- Particiones de entrenamiento y prueba: 80-20
- Curva de aprendizaje variando  $|R|$  desde 1 hasta 100
- Estimaciones:
  - Verdaderos positivos
  - Falsos positivos
  - Exactitud
  - Matriz de confusión

# Sumario

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - **Medidas de desempeño**
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas

# Curvas de aprendizaje

- Desempeño de los clasificadores respecto a la dimensión del problema



# Errores de clasificación y matrices de confusión

- 1-NN:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	90.60 ± 1.51	0.71 ± 0.41	93.98 ± 0.80
<i>Leptotila verreauxi</i>	96.88 ± 1.53	0.49 ± 0.18	99.54 ± 0.14
<i>Dryocopus lineatus</i>	92.50 ± 1.36	4.37 ± 0.75	93.88 ± 0.63
<i>Otus choliba</i>	97.14 ± 1.17	3.39 ± 0.69	96.48 ± 0.58

# Errores de clasificación y matrices de confusión

- 1-NN:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	90.60 ± 1.51	0.71 ± 0.41	93.98 ± 0.80
<i>Leptotila verreauxi</i>	96.88 ± 1.53	0.49 ± 0.18	99.54 ± 0.14
<i>Dryocopus lineatus</i>	92.50 ± 1.36	4.37 ± 0.75	93.88 ± 0.63
<i>Otus choliba</i>	97.14 ± 1.17	3.39 ± 0.69	96.48 ± 0.58

- LDA:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	100.0 ± 0.00	9.02 ± 1.28	94.69 ± 0.71
<i>Leptotila verreauxi</i>	92.50 ± 2.36	0.12 ± 0.02	99.34 ± 0.30
<i>Dryocopus lineatus</i>	89.04 ± 1.35	0.14 ± 0.10	97.14 ± 0.37
<i>Otus choliba</i>	83.57 ± 2.48	1.31 ± 0.22	96.89 ± 0.40

# Errores de clasificación y matrices de confusión

- 1-NN:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	90.60 ± 1.51	0.71 ± 0.41	93.98 ± 0.80
<i>Leptotila verreauxi</i>	96.88 ± 1.53	0.49 ± 0.18	99.54 ± 0.14
<i>Dryocopus lineatus</i>	92.50 ± 1.36	4.37 ± 0.75	93.88 ± 0.63
<i>Otus choliba</i>	97.14 ± 1.17	3.39 ± 0.69	96.48 ± 0.58

- LDA:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	100.0 ± 0.00	9.02 ± 1.28	94.69 ± 0.71
<i>Leptotila verreauxi</i>	92.50 ± 2.36	0.12 ± 0.02	99.34 ± 0.30
<i>Dryocopus lineatus</i>	89.04 ± 1.35	0.14 ± 0.10	97.14 ± 0.37
<i>Otus choliba</i>	83.57 ± 2.48	1.31 ± 0.22	96.89 ± 0.40

- QDA:

Especie	Verdaderos positivos (%)	Falsos positivos (%)	Exactitud (%)
<i>Cryptorellus soui</i>	97.50 ± 0.57	0.00 ± 0.00	99.18 ± 0.20
<i>Leptotila verreauxi</i>	99.69 ± 0.31	0.12 ± 0.12	99.95 ± 0.05
<i>Dryocopus lineatus</i>	95.77 ± 0.78	1.18 ± 0.31	98.42 ± 0.30
<i>Otus choliba</i>	98.93 ± 0.79	1.67 ± 0.26	98.78 ± 0.23

# Errores de clasificación y matrices de confusión

- Matriz de confusión:

		Clase predicha				Total
Clase real	<i>Cryptorellus soui</i>	824	0	11	5	840
	<i>Leptotila verreauxi</i>	0	319	1	0	320
	<i>Dryocopus lineatus</i>	0	0	503	17	520
	<i>Otus choliba</i>	0	0	2	278	280
	Total	824	319	517	300	1960

- Matriz total de 40 repeticiones

- **Introducción**
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- **Métodos**
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- **Resultados**
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- **Discusión y conclusión**
- Información de contacto y preguntas

## Discusión y conclusión

- La estimación de la PSD es una elección apropiada para generar una representación inicial de los registros de audio.

## Discusión y conclusión

- La estimación de la PSD es una elección apropiada para generar una representación inicial de los registros de audio.
- Las representaciones de disimilitudes y la clasificación en los espacios generados por ellas constituyen una alternativa al enfoque clásico basado en características acústicas absolutas.

## Discusión y conclusión

- La estimación de la PSD es una elección apropiada para generar una representación inicial de los registros de audio.
- Las representaciones de disimilitudes y la clasificación en los espacios generados por ellas constituyen una alternativa al enfoque clásico basado en características acústicas absolutas.
- Se requiere un estudio comparativo riguroso entre representaciones de disimilitudes y representaciones basadas en características → desempeño (tiempo de proceso y error de clasificación) para condiciones idénticas.

## Discusión y conclusión

- La estimación de la PSD es una elección apropiada para generar una representación inicial de los registros de audio.
- Las representaciones de disimilitudes y la clasificación en los espacios generados por ellas constituyen una alternativa al enfoque clásico basado en características acústicas absolutas.
- Se requiere un estudio comparativo riguroso entre representaciones de disimilitudes y representaciones basadas en características  $\rightarrow$  desempeño (tiempo de proceso y error de clasificación) para condiciones idénticas.
- Conviene calcular la disimilitud entre espectros 1D mediante la norma  $L_1$ . Dicha norma es menos sensible a pequeñas diferencias que la norma  $L_2$  y tiene una interpretación clara.

## Discusión y conclusión

- Los experimentos confirman que los clasificadores bayesianos (LDA y QDA), en espacios de disimilitudes, superan el desempeño del clasificador 1-NN con base en el mismo  $|R|$ .

## Discusión y conclusión

- Los experimentos confirman que los clasificadores bayesianos (LDA y QDA), en espacios de disimilitudes, superan el desempeño del clasificador 1-NN con base en el mismo  $|R|$ .
- El clasificador QDA, apropiadamente regularizado, presenta el mejor resultado en todos los casos.

## Discusión y conclusión

- Los experimentos confirman que los clasificadores bayesianos (LDA y QDA), en espacios de disimilitudes, superan el desempeño del clasificador 1-NN con base en el mismo  $|R|$ .
- El clasificador QDA, apropiadamente regularizado, presenta el mejor resultado en todos los casos.
- El subproblema de clasificación considerado es muy reducido: 4 especies, 71 a 26 registros por especie.

## Discusión y conclusión

- Los experimentos confirman que los clasificadores bayesianos (LDA y QDA), en espacios de disimilitudes, superan el desempeño del clasificador 1-NN con base en el mismo  $|R|$ .
- El clasificador QDA, apropiadamente regularizado, presenta el mejor resultado en todos los casos.
- El subproblema de clasificación considerado es muy reducido: 4 especies, 71 a 26 registros por especie.
- Búsqueda de contactos y cooperación para obtener más registros de audio y establecer importancia de monitorear una u otra especie.

## Discusión y conclusión

- Los experimentos confirman que los clasificadores bayesianos (LDA y QDA), en espacios de disimilitudes, superan el desempeño del clasificador 1-NN con base en el mismo  $|R|$ .
- El clasificador QDA, apropiadamente regularizado, presenta el mejor resultado en todos los casos.
- El subproblema de clasificación considerado es muy reducido: 4 especies, 71 a 26 registros por especie.
- Búsqueda de contactos y cooperación para obtener más registros de audio y establecer importancia de monitorear una u otra especie.
- Proyectos en cooperación para adquisición y etiquetado de registros de audio propios.

- Introducción
  - Métodos tradicionales para monitorear las aves
  - Ecoinformática y bioacústica computacional
  - Sistemas de reconocimiento automático
- Métodos
  - Representaciones en reconocimiento automático
  - Métodos de estimación espectral
  - Representaciones en bioacústica
  - Clasificadores en espacios vectoriales de disimilitudes
- Resultados
  - Conjunto de datos
  - Marco experimental
  - Medidas de desempeño
- Discusión y conclusión
- Información de contacto y preguntas



## Mauricio Orozco Alzate

ING. ELECTRÓNICO, M.ING., DR.ING.  
PROFESOR ASISTENTE

Departamento de Informática y Computación  
Universidad Nacional de Colombia Sede Manizales  
km 7 vía al aeropuerto. Bloque Q, piso 2  
Manizales (Caldas), Colombia

SITIO WEB: <http://www.docentes.unal.edu.co/morozcoa/docs/>

TEL: 57-6-8879484  
FAX: 57-6-8879498

CORREO: morozcoa@bt.unal.edu.co  
M.OrozcoAlzate@ieee.org

---

## Bibliografía

- [Acevedo et al., 2009] Acevedo, M. A., Corrada-Bravo, C. J., Corrada-Bravo, H., Villanueva-Rivera, L. J., and Aide, T. M. (2009). Automated classification of bird and amphibian calls using machine learning: A comparison of methods. *Ecological Informatics*, 4(4):206 – 214.
- [Botero et al., 2005] Botero, J. E., Arbeláez, D., and Lentijo, G. M. (2005). Métodos para estudiar las aves. *Biocarta*, (8):1–4.
- [Chesmore et al., 2008] Chesmore, D., Frommolt, K.-H., Wolff, D., Bardeli, R., and Huebner, S. (2008). Computational bioacoustics: New tools for assessing biological diversity. Side Event at the ninth meeting of the Conference of the Parties (COP 9). Bonn, Germany.

[Friedman, 1989] Friedman, J. (1989). Regularized discriminant analysis. *J. Amer. Statist. Assoc.*, 84:165–175.

[Frommolt et al., 2008] Frommolt, K.-H., Bardeli, R., and Clausen, M., editors (2008). *Computational bioacoustics for assessing biodiversity: Proceedings of the International Expert meeting on IT-based detection of bioacoustical patterns, December 7th until December 10th, 2007 at the International Academy for Nature Conservation (INA). Isle of Vilm, Germany, volume 234 of BfN - Skripten*, Bonn, Germany. Federal Agency for Nature Conservation.

[Orozco-Alzate et al., 2008] Orozco-Alzate, M., Skurichina, M., and Duin, R. P. W. (2008). Spectral characterization of volcanic earthquakes at Nevado del Ruiz Volcano using spectral band selection/extraction techniques. In Ruiz-Shulcloper, J. and Kropatsch, W. G., editors, *Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications. Proceedings of the 13th Iberoamerican Congress on Pattern*

*Recognition CIARP 2008*, volume 5197 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 708–715. IAPR, Springer.

[Pełalska and Duin, 2005] Pełalska, E. and Duin, R. P. W. (2005). *The Dissimilarity Representation for Pattern Recognition: Foundations and Applications*, volume 64 of *Machine Perception and Artificial Intelligence*. World Scientific, Singapore.

[Stiles, 2009] Stiles, F. G. (2009). A review of the genus *Momotus* (Coraciiformes: Momotidae) in northern South America and adjacent areas. *Ornitología Colombiana*, (8):29–75.

[Stoica and Moses, 1997] Stoica, P. and Moses, R. L. (1997). *Introduction to spectral analysis*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.

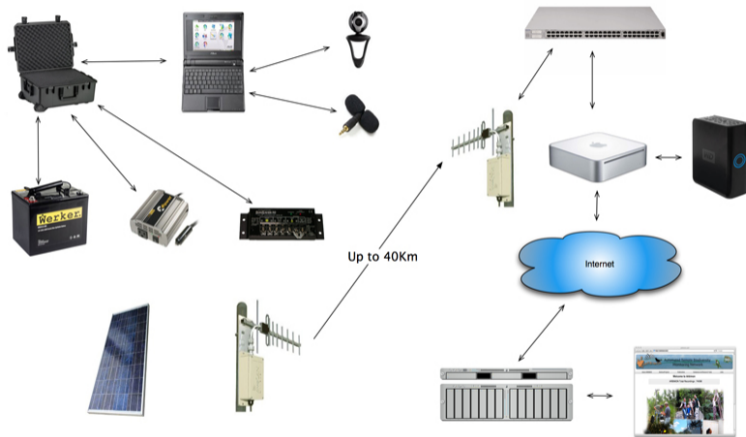
# Plataforma de grabación SM2



<http://www.wildlifeacoustics.com>

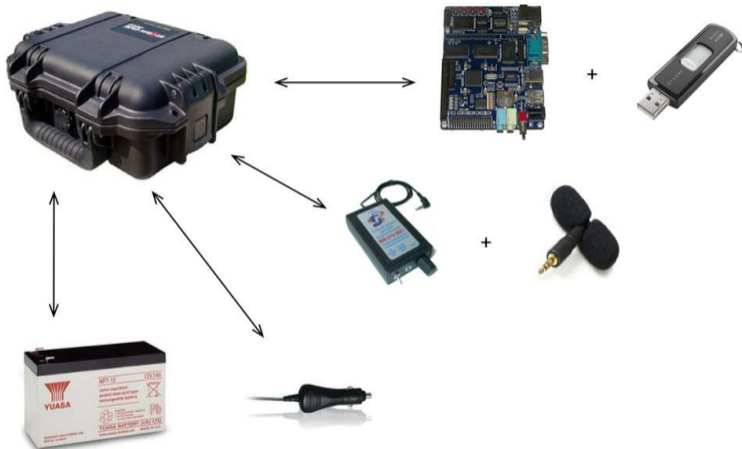
- Dos micrófonos SMX-II a prueba de agua
- Tarjetas flash para guardar hasta 240 horas de registros
- Alimentación con 4 pilas alcalinas
- 700 USD aproximadamente

# Estaciones permanentes de registro: ARBIMON



<http://arbimon.net/>

# Estaciones temporales de registro: ARBIMON



<http://arbimon.net/>

# Redes de sensores: MQUTeR



- Redes de sensores adaptativos para observar y evaluar el ambiente y los sistemas ecológicos
- Telefonía móvil 3G
- [http://www.mquter.qut.edu.au/sensor/system\\_architecture.aspx](http://www.mquter.qut.edu.au/sensor/system_architecture.aspx)