

Esquema de muestreo para estudiar la calidad de aguas en el complejo lagunar Chacahua-Pastoría, Oaxaca



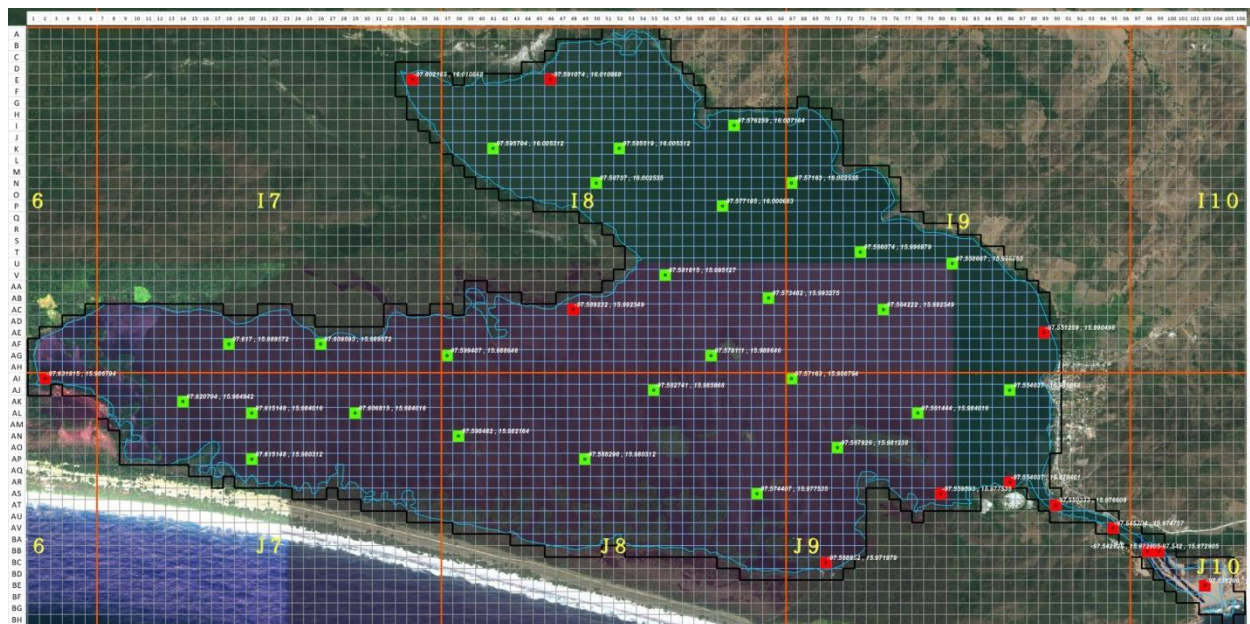
Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Rafael Alberto Guajardo Panes

29/Nov/2017

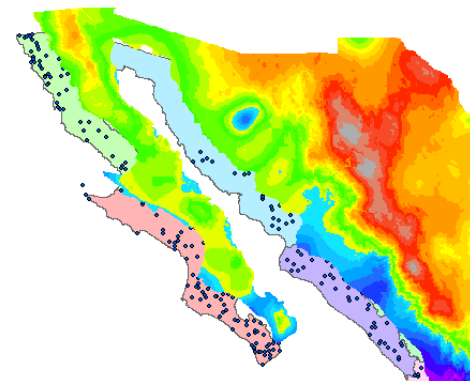
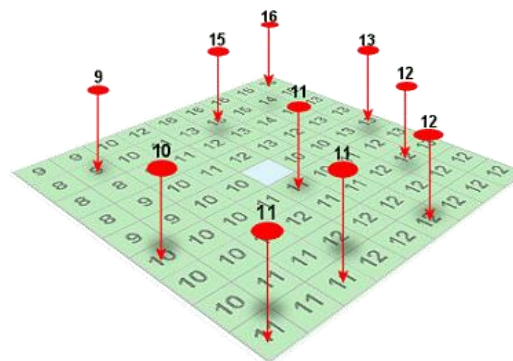
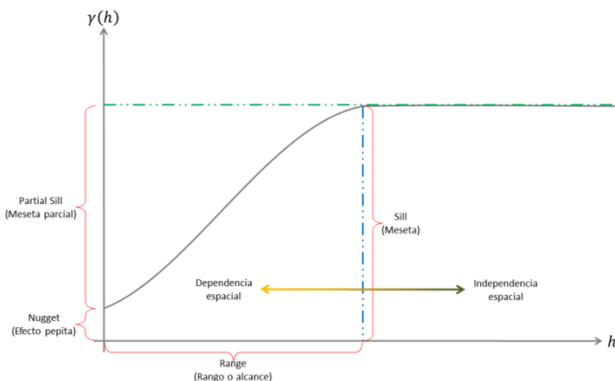
Datos espaciales:

- Existen estudios donde se consideran observaciones que por naturaleza se distribuyen en el espacio.
- La ubicación geográfica es relevante para el estudio.

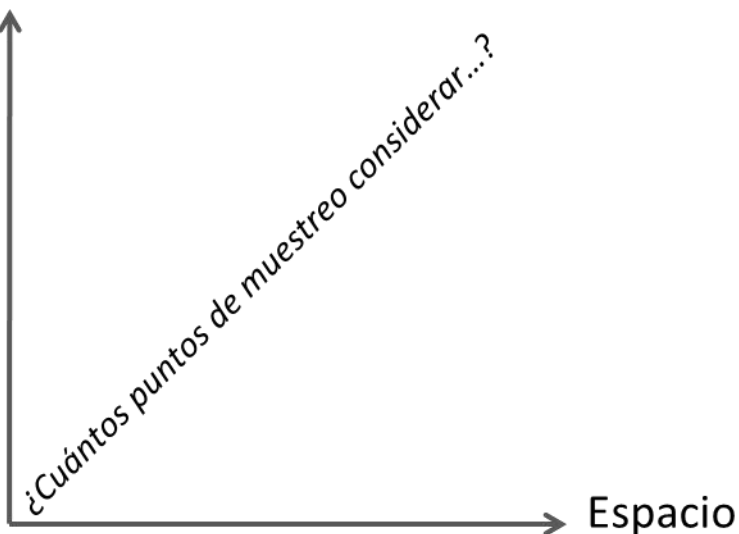
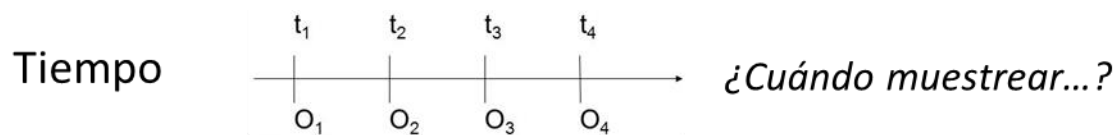


Estadística espacial:

- Descripción de correlación espacial.
- Estimación de parámetros.
- Obtención de predicciones en áreas no muestreadas.
- Elaborar un mapa de la variable de interés a partir de una muestra.



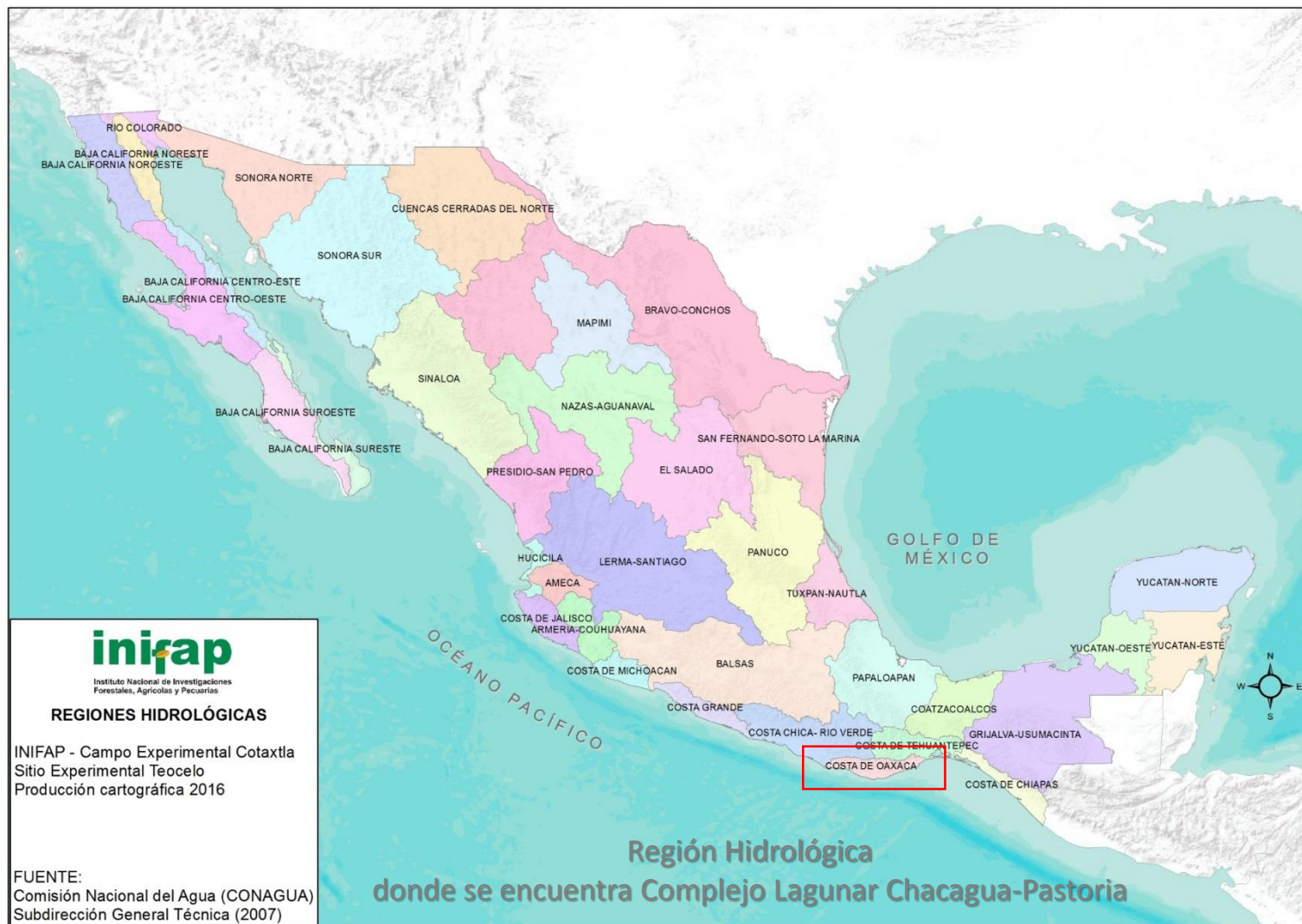
Realizar un esquema de muestreo que considere los factores espacio y tiempo para medir la contaminación del complejo lagunar Chacahua-Pastoría a través del tiempo.



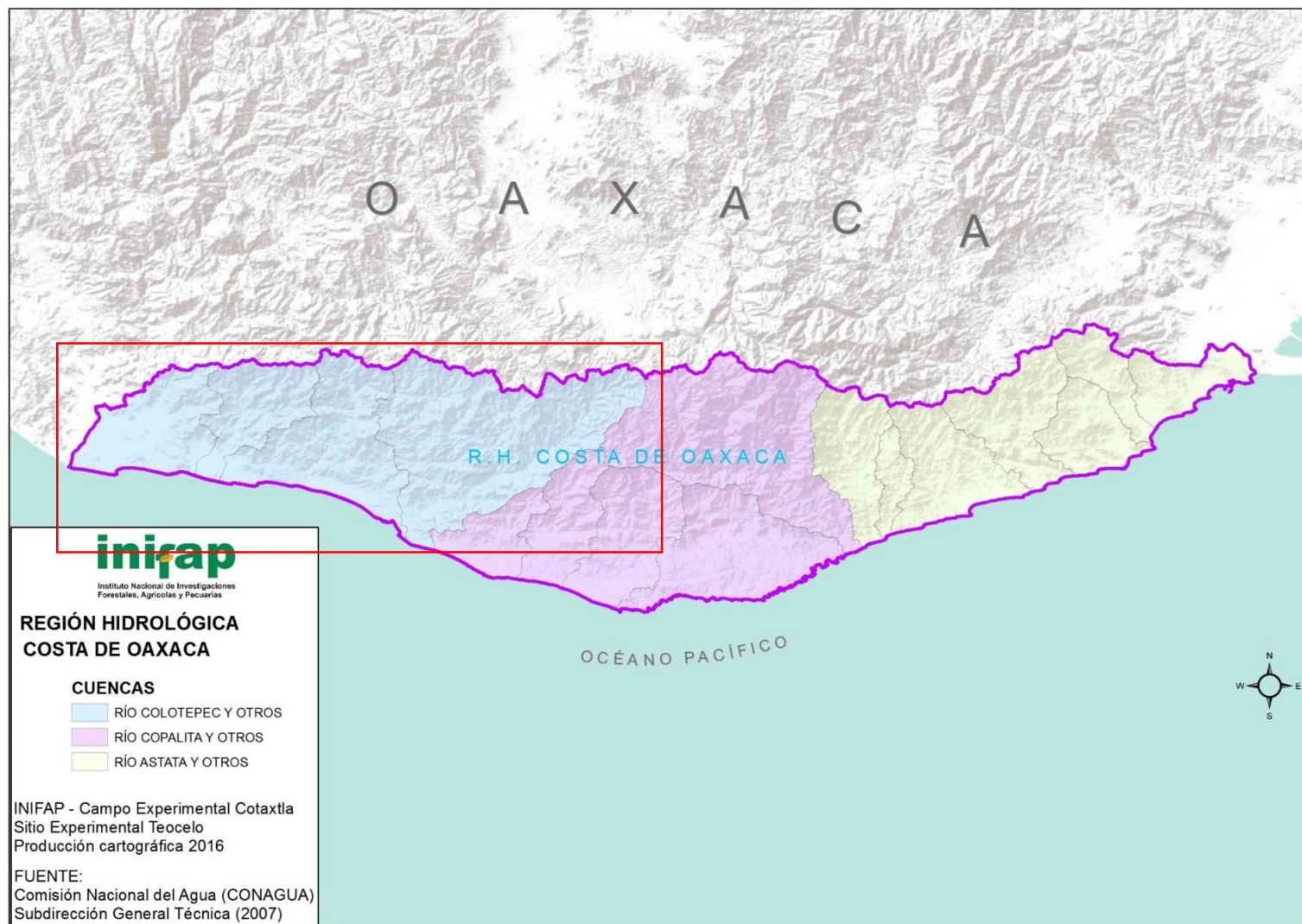
¿Dónde muestrear...?



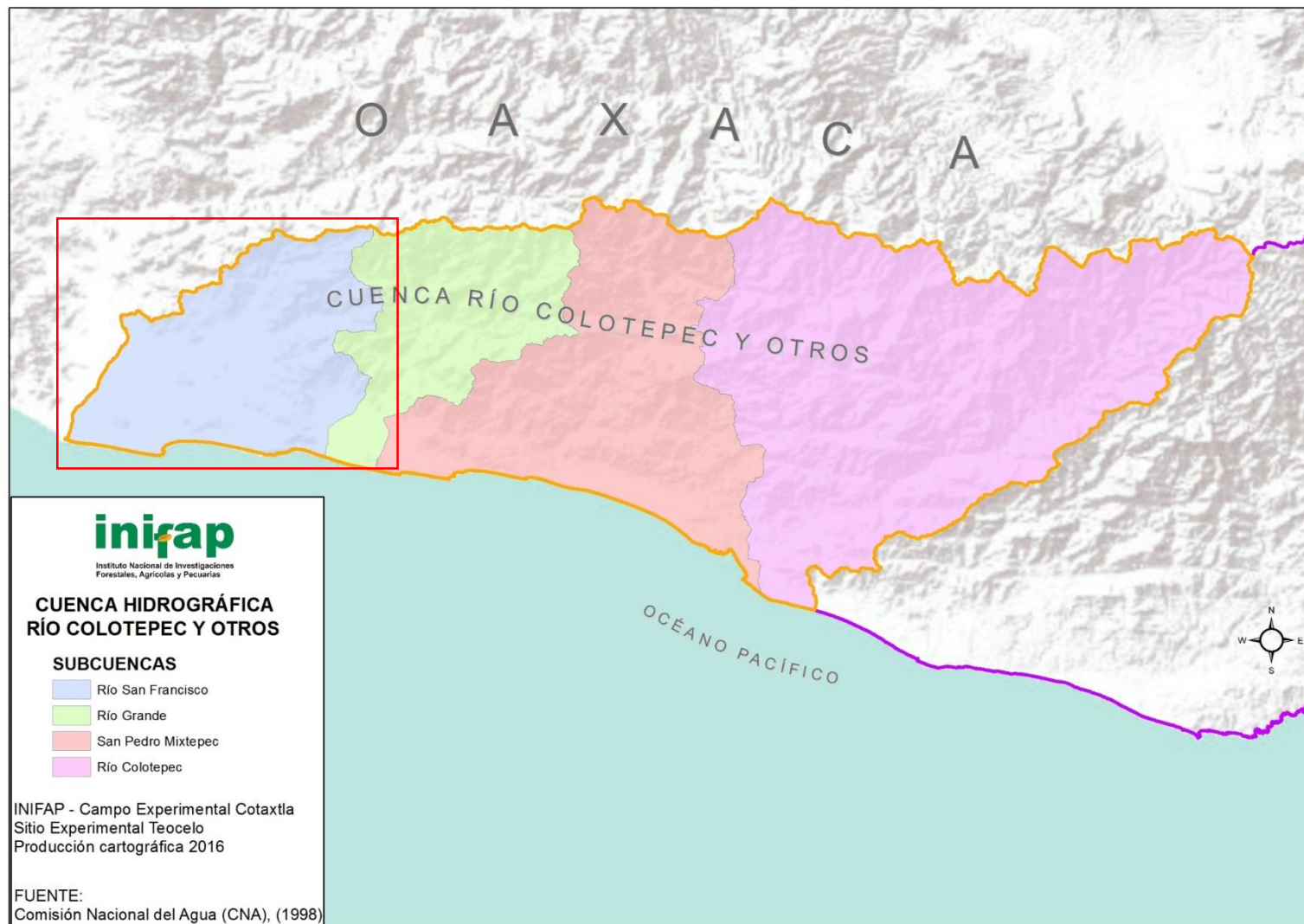
Zona de estudio



Zona de estudio



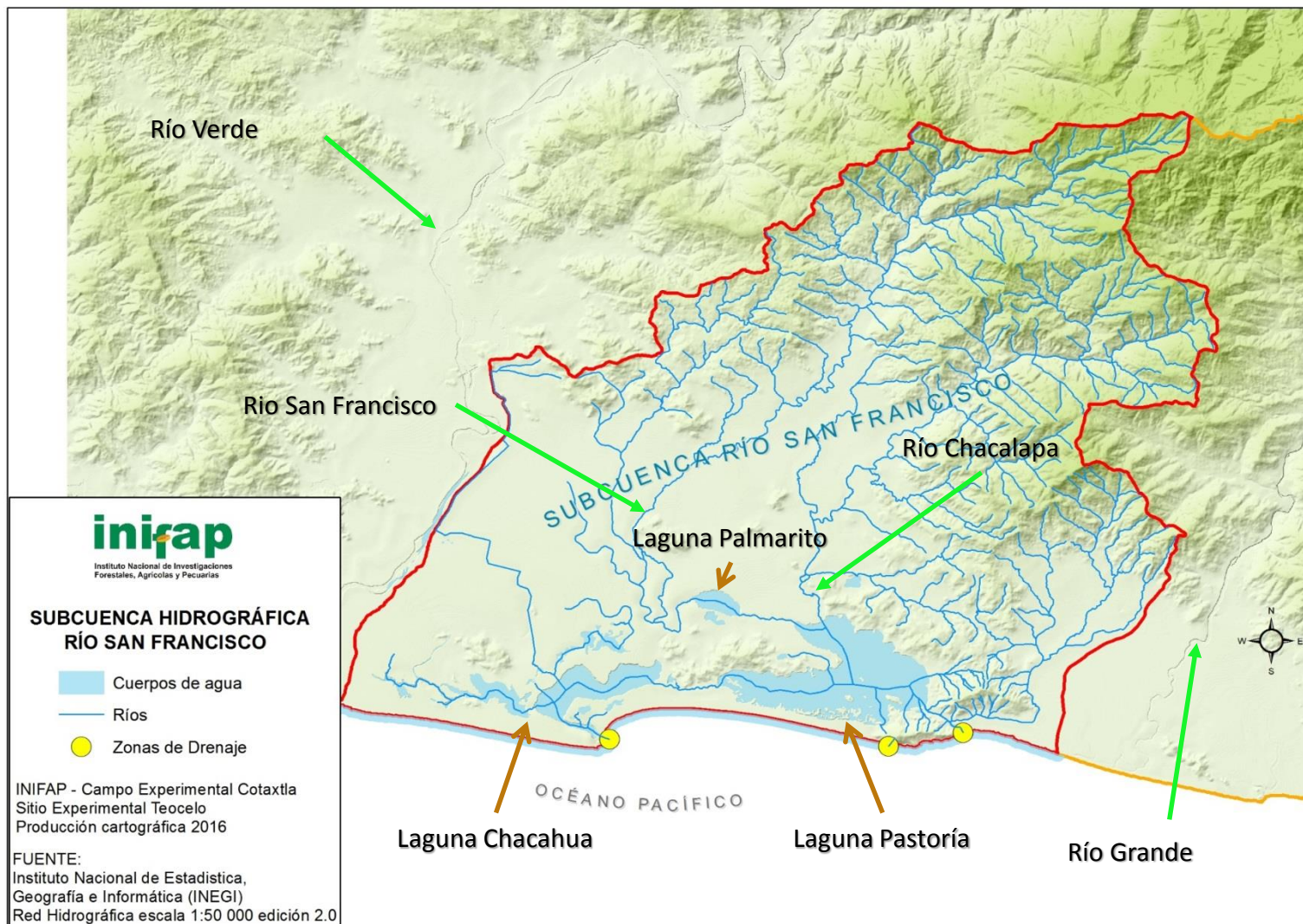
Zona de estudio



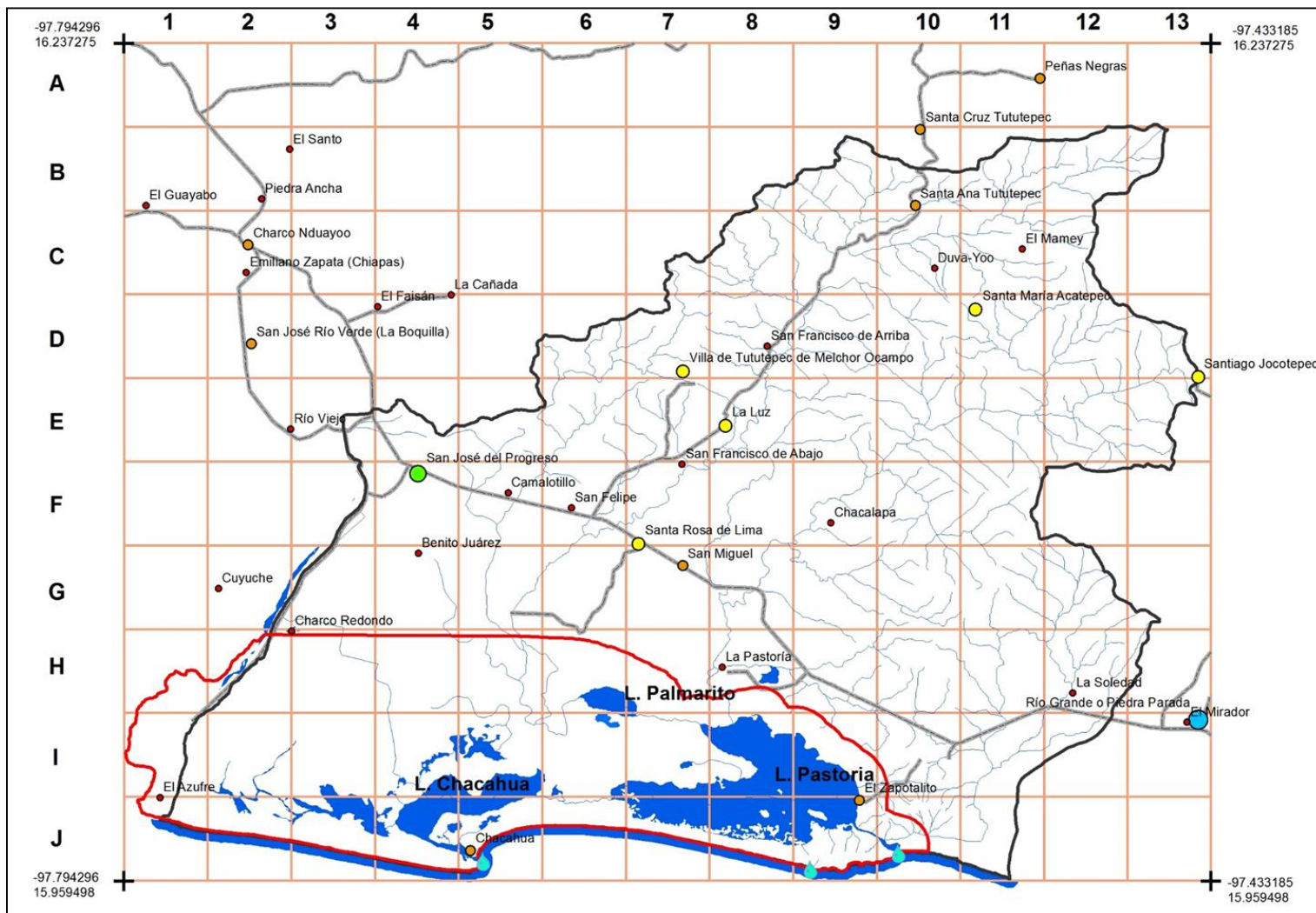
Materiales y Métodos

Red de drenaje principal y afluentes secundarias de la subcuenca Río San Francisco

Zona de estudio



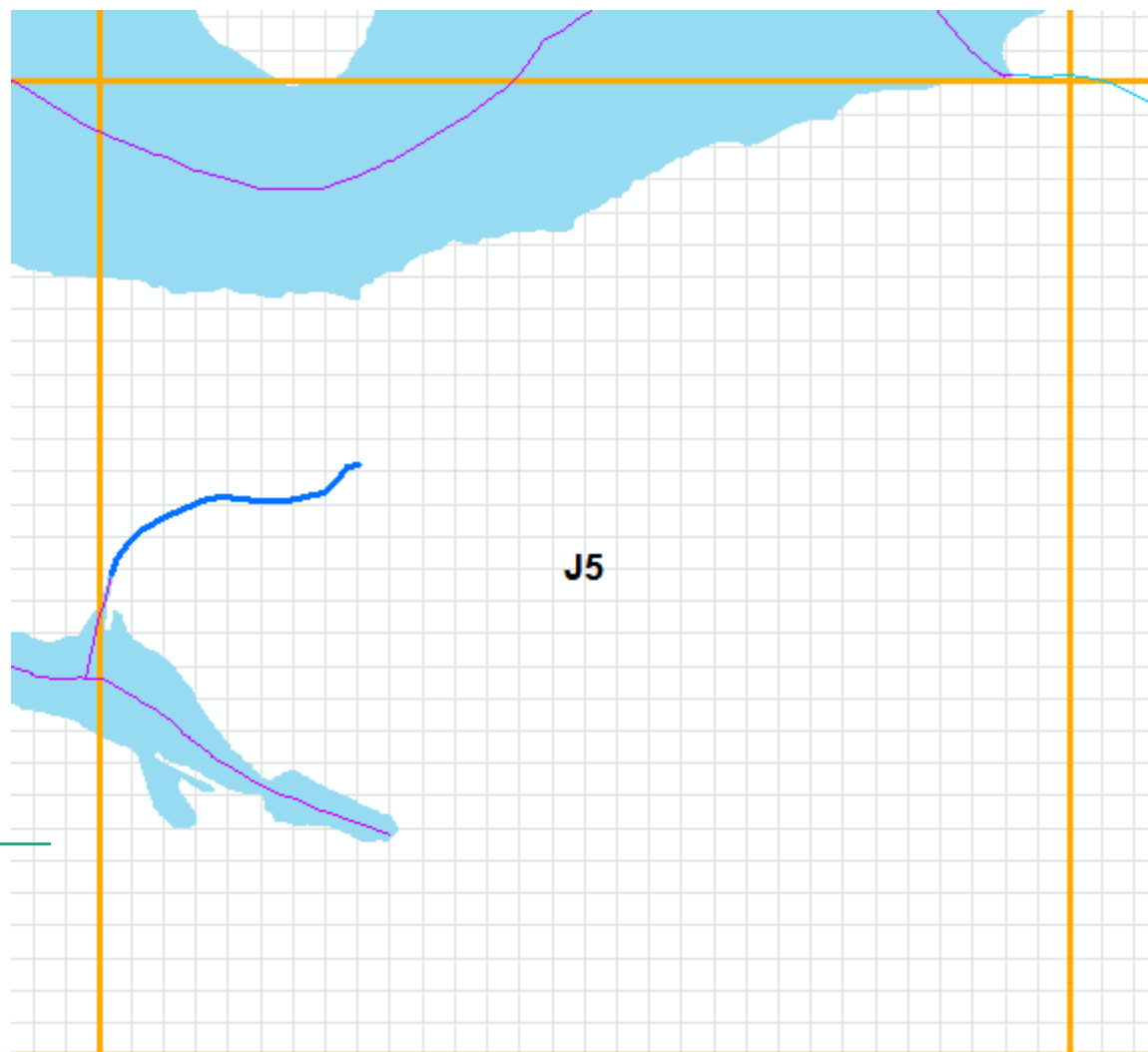
Unidades de muestreo



Unidades de muestreo

1 celda = 900 ha.

1 Subcelda = 1 ha.



Unidades de muestreo

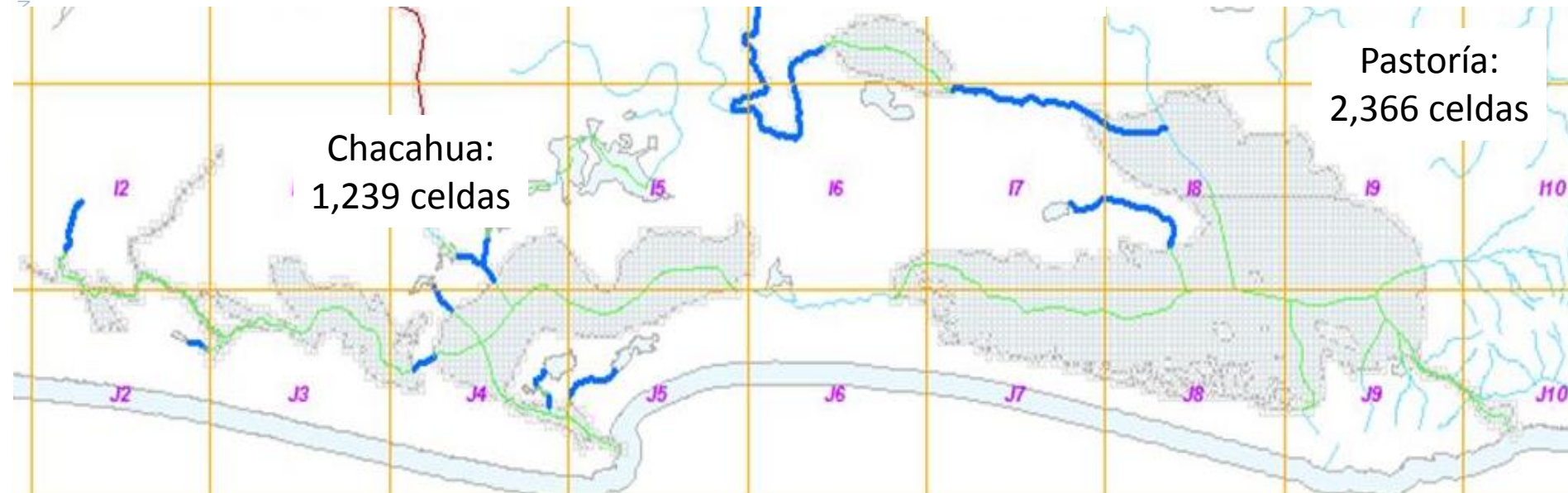
Palmarito:
172 celdas

Pastoría:
2,366 celdas

Chacahua:
1,239 celdas

Total: 3,777 celdas

VINCULAN



TACIÓN

Materiales y Métodos

¿Cuántos puntos de muestreo considerar...?

Análisis exploratorio de datos de estudios previos

VARIABLES	MUESTRAS PILOTO	MEDIA	DESV_STD	CV	INTERVALO DE CONFIANZA	
					LI	LS
ABS_UV	198	0.15	0.11	75.80	0.13	0.16
CLOROF_A	188	2.73	7.05	258.66	1.72	3.74
COLOR_VER	178	29.94	23.60	78.80	26.47	33.41
CONDOC_CAMPO_SUP	200	39425.00	19426.00	49.27	36732.74	42117.26
COT	199	11.19	9.44	84.34	9.88	12.50
COT_SOL	191	6.31	5.17	81.85	5.58	7.05
N_NH3 (Nitrógeno de amonio)	168	0.16	0.25	159.01	0.12	0.19
N_NO3 (Nitratos de nitrógeno)	168	0.22	0.22	99.56	0.18	0.25
N_ORG (Nitrógeno orgánico)	165	0.54	1.84	343.43	0.25	0.82
OD_MGL_SUP	201	5.23	1.26	24.06	5.06	5.41
OD_PORC_SUP	201	61.98	16.52	26.66	59.70	64.26
ORTO_PO4	155	0.09	0.12	134.36	0.07	0.11
PH_CAMPO_SUP	201	8.01	0.39	4.88	7.95	8.06
SALINIDAD_SUP	164	29.16	9.12	31.26	27.77	30.56
SST	160	53.03	26.75	50.44	48.89	57.17
TEMP_AGUA_SUP	201	29.77	1.92	6.46	29.51	30.04
TEMP_AMB	201	32.29	2.59	8.02	31.94	32.65
TURBIEDAD	181	11.76	17.00	144.57	9.28	14.24
TEMP_AGUA	201	29.79	1.89	6.33	29.53	30.05
Min=	155	0.09	0.11	4.88		
Max=	201	39425.00	19426.00	343.43		

¿Cuántos puntos de muestreo considerar...?

Muestreo probabilístico

$$n = \frac{N \sigma^2}{(N - 1)D + \sigma^2}$$

$$D = \frac{B^2}{4}$$

N, es el número total de celdas de 1 ha;

σ^2 , varianza poblacional de la variable de interés;

B, límite de error de estimación.

4, proviene del nivel de confianza con que se desea trabajar (95%) $z = 1.96$, $z^2 = 3.8416 \approx 4$.

$$B = 2\sqrt{V(\bar{y})} = 2\sqrt{\frac{\sigma^2}{n} \left(\frac{N - n}{N - 1} \right)}$$

Variable (CONDUC_CAMPO_SUP)

Conductividad de campo superficial

¿Cuándo muestrear...?

Análisis de varianza

Variables en estudios previos

VARIABLES	MUESTRAS PILOTO	MEDIA	DESV_STD	DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS EN ANOVA		
				SITIO	MES	AÑO
ABS_UV	198	0.15	0.11	0.000	0.000	0.000
CLOROF_A	188	2.73	7.05	0.011	0.003	0.723
COLOR_VER	178	29.94	23.60	0.003	0.015	0.000
CONDOC_CAMPO_SUP	200	39425.00	19426.00	0.003	0.000	0.000
COT	199	11.19	9.44	0.002	0.000	0.153
COT_SOL	191	6.31	5.17	0.000	0.000	0.019
N_NH3 (Nitrógeno de amonio)	168	0.16	0.25	0.295	0.128	0.435
N_NO3 (Nitratos de nitrógeno)	168	0.22	0.22	0.815	0.000	0.000
N_ORG (Nitrógeno orgánico)	165	0.54	1.84	0.918	0.707	0.409
OD_MGL_SUP	201	5.23	1.26	0.041	0.002	0.000
OD_PORC_SUP	201	61.98	16.52	0.047	0.000	0.000
ORTO_PO4	155	0.09	0.12	0.372	0.000	0.000
PH_CAMPO_SUP	201	8.01	0.39	0.681	0.000	0.000
SALINIDAD_SUP	164	29.16	9.12	0.004	0.000	0.000
SST	160	53.03	26.75	0.000	0.235	0.012
TEMP_AGUA_SUP	201	29.77	1.92	0.190	0.000	0.000
TEMP_AMB	201	32.29	2.59	0.505	0.000	0.001
TURBIEDAD	181	11.76	17.00	0.000	0.981	0.606
TEMP_AGUA	201	29.79	1.89	0.134	0.000	0.000

¿Cuándo muestrear...?

Análisis de varianza

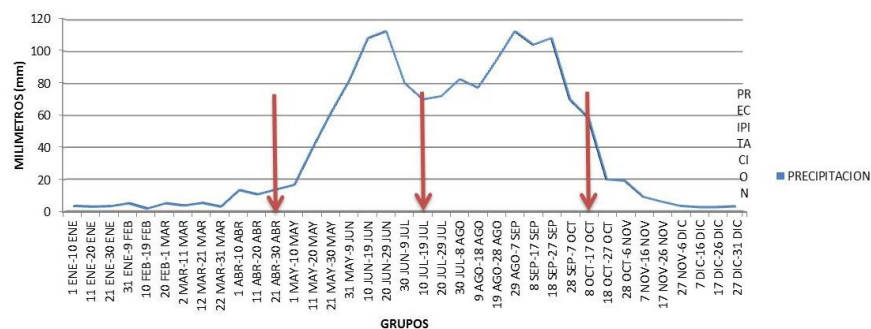
VARIABLE	PT	TE	TE	TM	TM	TF	Toma de muestras	Temporada
ABS_UV	0.0044		0.7049		0.0376		4	PT-TE-TM-TF
CLOROF_A	0.9957		0.9695		0.0228		2	TM-TF
COLOR_VER	0.1648		0.0496		0.0134		2	TM-TF
CONDOC_CAMPO_SUP	0.1145		0.0000		0.7078		2	TE-TM
COT	0.8895		0.5355		0.0069		2	TM-TF
COT_SOL	0.0000		0.7890		0.0000		4	PT-TE-TM-TF
N_NH3	0.5893		0.8288		0.7081		1	TF
N_NO3	0.9245		0.1584		0.1664		1	TM
N_ORG	0.8624		0.3589		0.7468		1	PT
OD_MGL_SUP	0.9333		0.0219		0.7270		2	TE-TM
OD_PORC_SUP	0.2577		0.1139		0.9610		1	TM
ORTO_PO4	0.2788		0.8244		0.9996		1	PT
PH_CAMPO_SUP	0.1827		0.0000		0.2298		2	TE-TM
SALINIDAD_SUP	0.0368		0.5647		0.9961		2	PT-TE
SST	0.9871		0.6704		0.8195		1	TF
TEMP_AGUA_SUP	0.0415		0.0002		0.0716		4	PT-TE-TM
TEMP_AMB	0.0856		0.0013		0.4065		2	TE-TM
TURBIEDAD	0.9987		0.9802		0.4033		1	PT
TEMP_AGUA	0.0339		0.0003		0.0971		4	PT-TE-TM

- ✓ Previo Temporal = PT = Enero – Mayo
- ✓ Temporal Establecido = TE = Junio – Julio
- ✓ Temporal Medio = TM = Agosto – Septiembre
- ✓ Temporal Final = TF = Septiembre - Diciembre

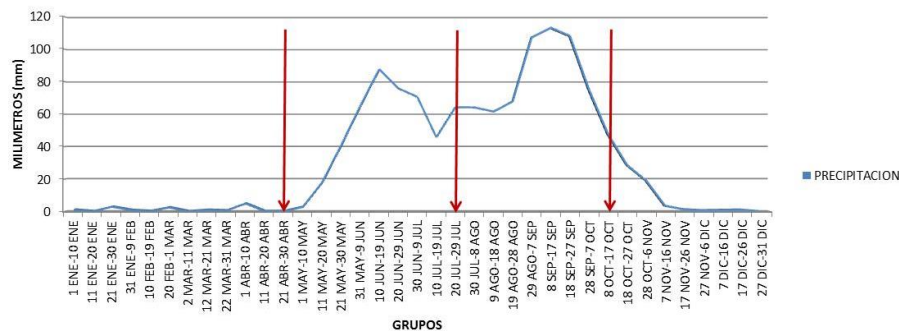
¿Cuándo muestrear...?

Muestreo a través del tiempo

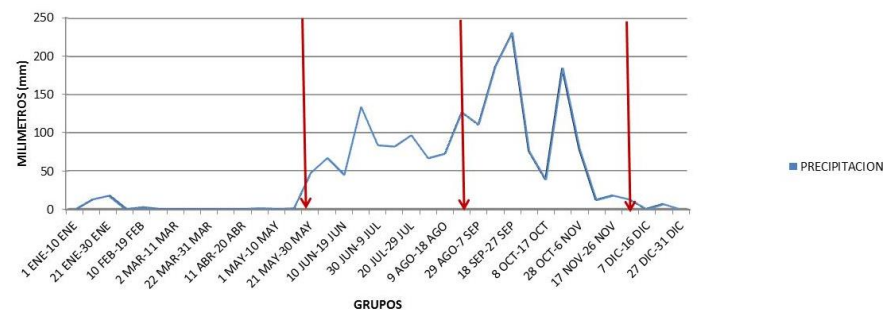
ESTACIÓN: SANTA CATARINA.,OAXACA
CLAVE: 20047



ESTACIÓN: PASO DE LA REYNA,OAXACA
CLAVE: 20086



ESTACIÓN: E.T.A. SANTIAGO,OAXACA
CLAVE: 20251

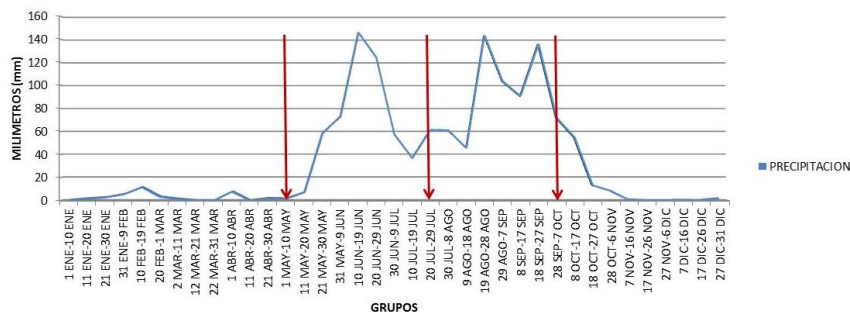


Precipitación decenal histórica

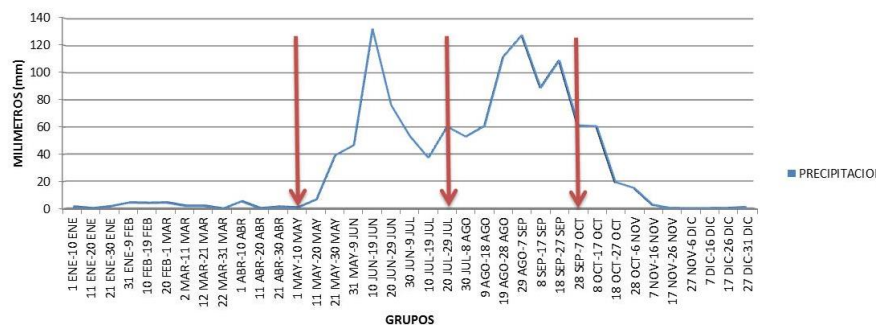
¿Cuándo muestrear...?

Muestreo a través del tiempo

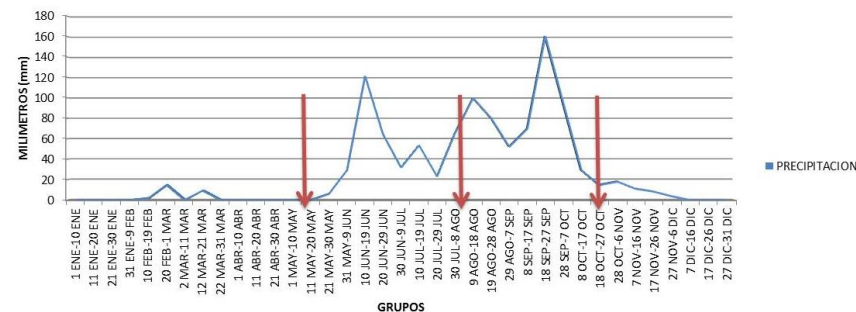
ESTACIÓN: ARROYO RIO GRANDE, OAXACA
CLAVE: 20223



ESTACIÓN: RIO GRANDE, OAXACA
CLAVE: 20098



ESTACIÓN: ZAPOTALILLO, OAXACA
CLAVE: 20381



Precipitación decenal histórica

¿Dónde muestrear...?

Toma de muestras de agua por tipo de análisis

Tipo I

Conductividad eléctrica
Carbonatos
Bicarbonatos
Cloruros
Sulfatos
Calcio
Magnesio
Sodio
Potasio
Aluminio
Hierro
Temperatura
Oxígeno disuelto

Tipo II

Sólidos disueltos totales
Potencial REDOX
Transparencia
Color Aparente
Fósforo Total
Nitrógeno Total
Coliformes Fecales
Compuestos Orgánicos

En sitios previamente definidos:

- Entradas y salidas de afluentes con coordenadas definidas

➤ En sitios de interés

¿Dónde muestrear...?

Toma de muestras de agua por tipo de análisis

Laguna	Cuadrante	Punto de muestreo
Temporalidad		
Palmarito	Entrada	1
	Salida	2
Pastoría	Conexión Pastoría	1
	Conexión Norte	2
	Conexión Este	3
	Conexión Sureste 1 Superior	4
	Conexión Sureste 2 Superior	5
	Conexión Sureste 3 Superior	6
	Conexión Bocana	7
	Conexión Sureste 1 Inferior	8
	Conexión Sureste 2 Inferior	9
	Conexión Sureste 3 Inferior	10
	Conexión Sur	11
	Conexión Chacahua	12
	Conexión Norte 2	13
Chacahua	Conexión Pastoría	1
	Conexión Sur 1 Superior	2
	Conexión Sur 2 Superior	3
	Conexión Bocana	4
	Conexión Oeste Anexo	5
	Conexión Noroeste 1	6
	Conexión Noroeste 2	7
	Conexión Este Anexo	8
	Conexión Sur Anexo	9
	Conexión Norte Anexo	10

Tipo I

Conductividad eléctrica

Carbonatos

Bicarbonatos

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Sodio

Potasio

Aluminio

Hierro

Temperatura

Oxígeno disuelto

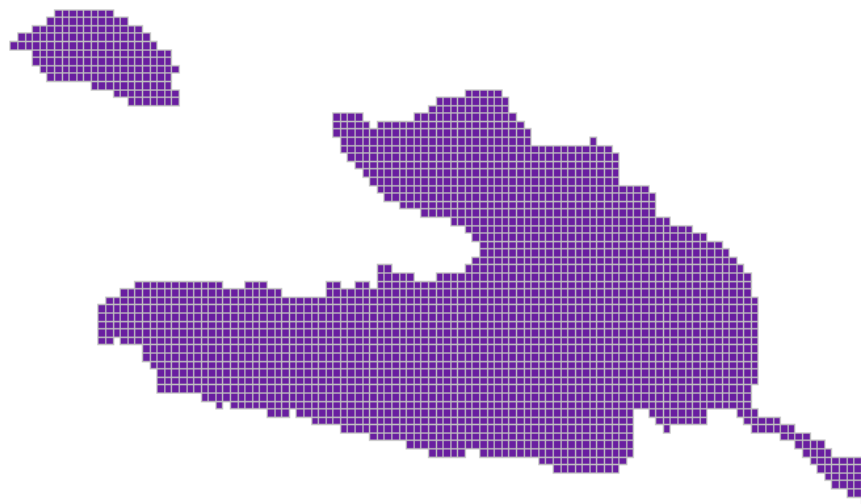
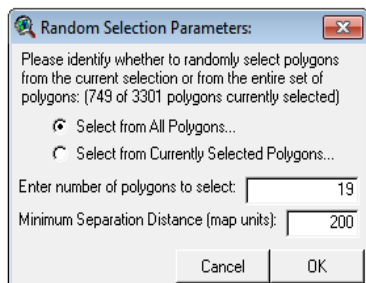
En sitios previamente definidos:

- Entradas y salidas de afluentes con coordenadas definidas

Definidos: 25 puntos de muestreo

¿Dónde muestrear...?

Toma de muestras de agua por tipo de análisis



Tipo I

Conductividad eléctrica
Carbonatos
Bicarbonatos
Cloruros
Sulfatos
Calcio
Magnesio
Sodio
Potasio
Aluminio
Hierro
Temperatura
Oxígeno disuelto

En zonas al interior de la laguna

¿Dónde muestrear...?

Toma de muestras de agua por tipo de análisis

Cuadrante	Punto de muestreo	MEDICIONES		
		SITIOS	ÚNICAS	MUESTRAS
Por definir en sitios de interés	1			
	2			
	3			
	4			
	5			
	6			
	7			
	8			
	9			
	10	10	1	10
		10		10

Tipo II

Sólidos disueltos totales

Potencial REDOX

Transparencia

Color Aparente

Fósforo Total

Nitrógeno Total

Coliformes Fecales

Compuestos Orgánicos

Puntos a libre elección en puntos estratégicos o de interés para la investigación

¿Cuántos puntos de muestreo considerar...?

Bajo un criterio heurístico

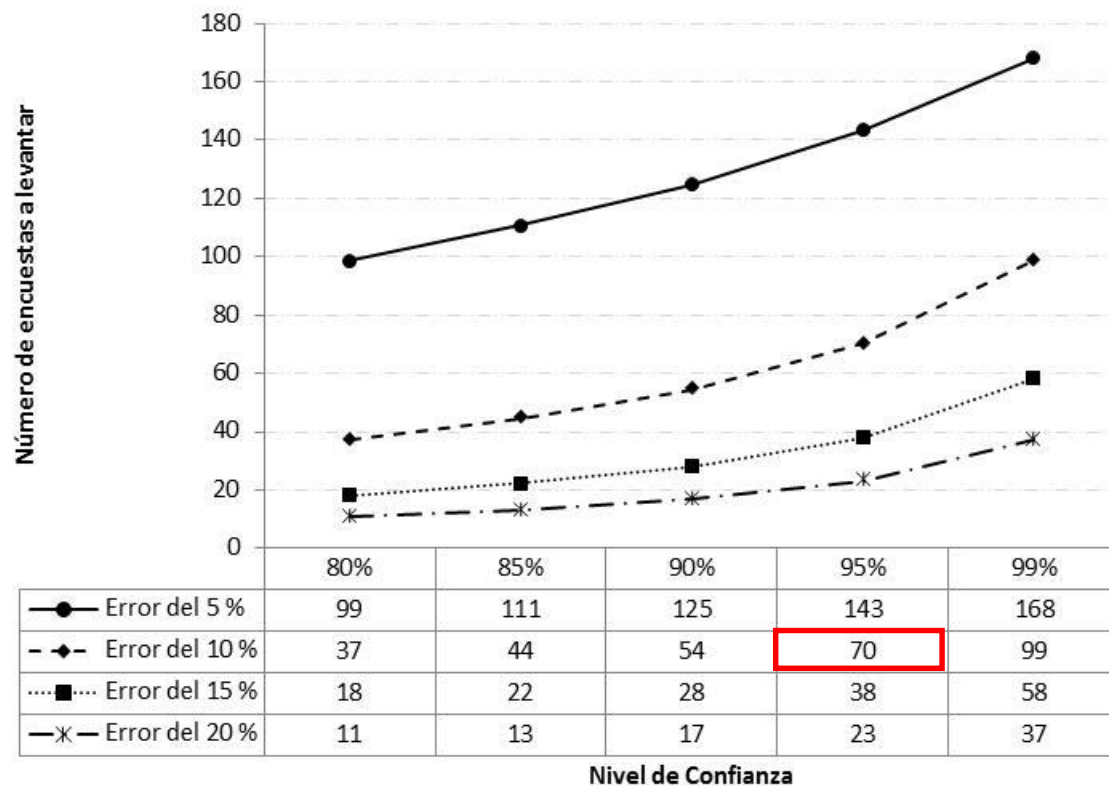
LAGUNA		SUBCELDA	MUESTREO AL 10%
PALMARITO	(N ₁)	172	18
PASTORÍA	(N ₂)	2,366	237
CHACAHUA	(N ₃)	1,239	124
TOTAL	(N)	3,777	379

- ❖ No se cuenta con el nivel de confianza de la muestra.
- ❖ No se conoce el margen de error de estimación de parámetros de medición.
- ❖ Este tipo de muestreo permite realizar un análisis de forma espacial y no considera la temporalidad.

¿Cuántos puntos de muestreo considerar...?

Bajo criterio de muestreo probabilístico

Tamaños de muestra a considerar a diferentes niveles de confianza y márgenes de error de estimación



Variable (*CONDUC_CAMPO_SUP*)

Conductividad de campo superficial

¿Cuándo muestrear...?

Muestreo a través del tiempo

Temporada	Periodo
Principio de temporal	Finales de mayo
Mediados de temporal	Agosto - Septiembre
Final de temporal	Septiembre - Octubre

¿Dónde muestrear...?

Laguna	Cuadrante	Punto de muestreo	ANALISIS	SITIOS	MEDICIONES CUATRIMESTRALES	MUESTRAS
Temporalidad						
Palmarito	Entrada	1				
	Salida	2	78	2	3	6
Pastoría	Conexión Pastoría	1				
	Conexión Norte	2				
	Conexión Este	3				
	Conexión Sureste 1 Superior	4				
	Conexión Sureste 2 Superior	5				
	Conexión Sureste 3 Superior	6				
	Conexión Bocana	7				
	Conexión Sureste 1 Inferior	8				
	Conexión Sureste 2 Inferior	9				
	Conexión Sureste 3 Inferior	10				
	Conexión Sur	11				
	Conexión Chacahua	12				
	Conexión Norte 2	13	507	13	3	39
Chacahua	Conexión Pastoria	1				
	Conexión Sur 1 Superior	2				
	Conexión Sur 2 Superior	3				
	Conexión Bocana	4				
	Conexión Oeste Anexo	5				
	Conexión Noroeste 1	6				
	Conexión Noroeste 2	7				
	Conexión Este Anexo	8				
	Conexión Sur Anexo	9				
	Conexión Norte Anexo	10	390	10	3	30
			975	25		75
Muestras Tipo II + Muestras Tipo I =		85				
Total de muestras=		250				
Por colocar=		165	/ 3 CUATRIMESTRES		55	

Conductividad eléctrica

Carbonatos

Bicarbonatos

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Sodio

Potasio

Aluminio

Hierro

Temperatura

Oxígeno disuelto

Sólidos disueltos totales

Potencial REDOX

Transparencia

Color Aparente

Fósforo Total

Nitrógeno Total

Coliformes Fecales

Compuestos Orgánicos

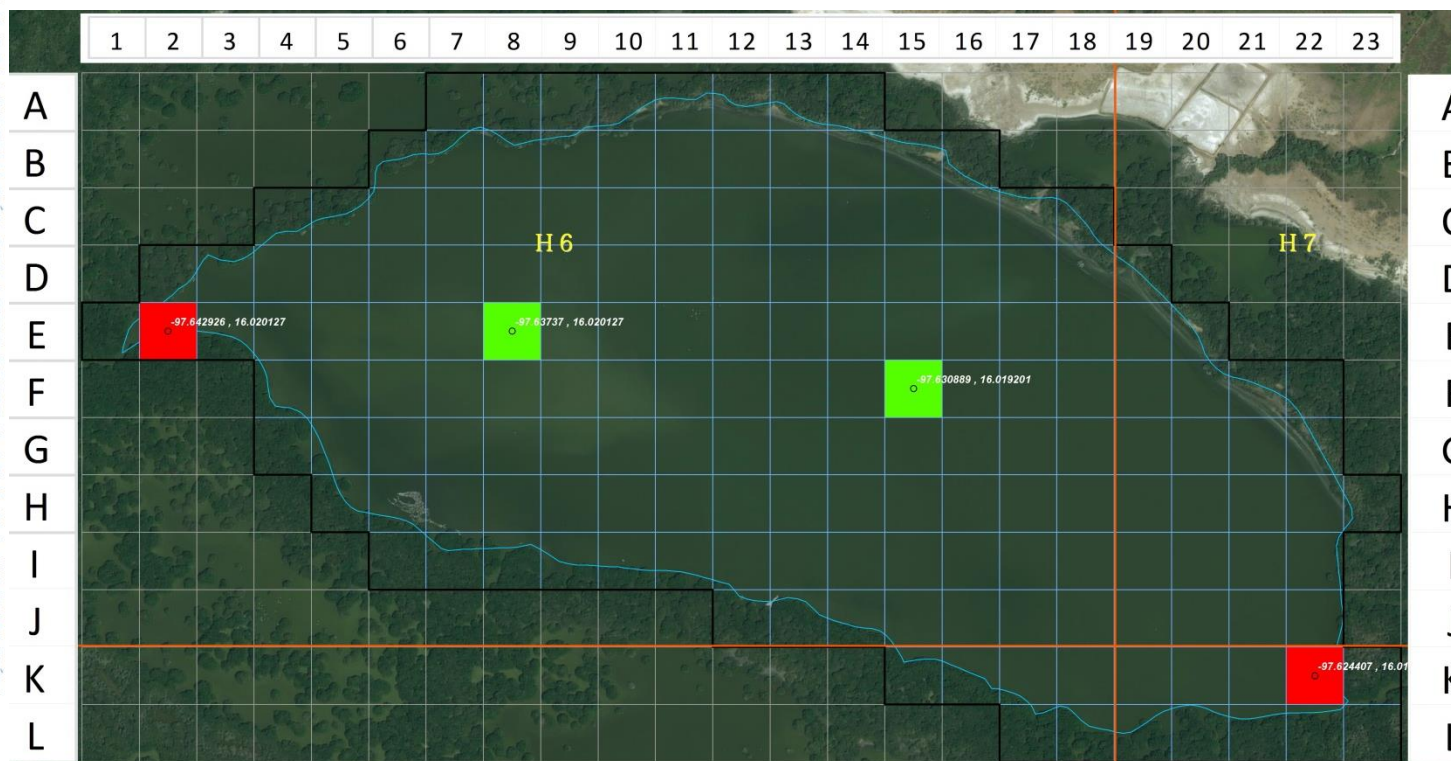
Palmarito : 2
Pastoría: 34
Chacahua: 19

Puntos de muestreo por definir

¿Dónde muestrear...?

Laguna Palmarito

VINCULANDO LA INFORMACIÓN CON ACCIONES POR EL AGUA Y LA ALIMENTACIÓN



Conductividad eléctrica

Carbonatos

Bicarbonatos

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Sodio

Potasio

Aluminio

Hierro

Temperatura

Oxígeno disuelto

Puntos de muestreo: 4

■ Puntos de interés

■ Puntos adicionales

¿Dónde muestrear...?

Laguna Pastoría

Conductividad eléctrica

Carbonatos

Bicarbonatos

Cloruros

Sulfatos

Calcio

Magnesio

Sodio

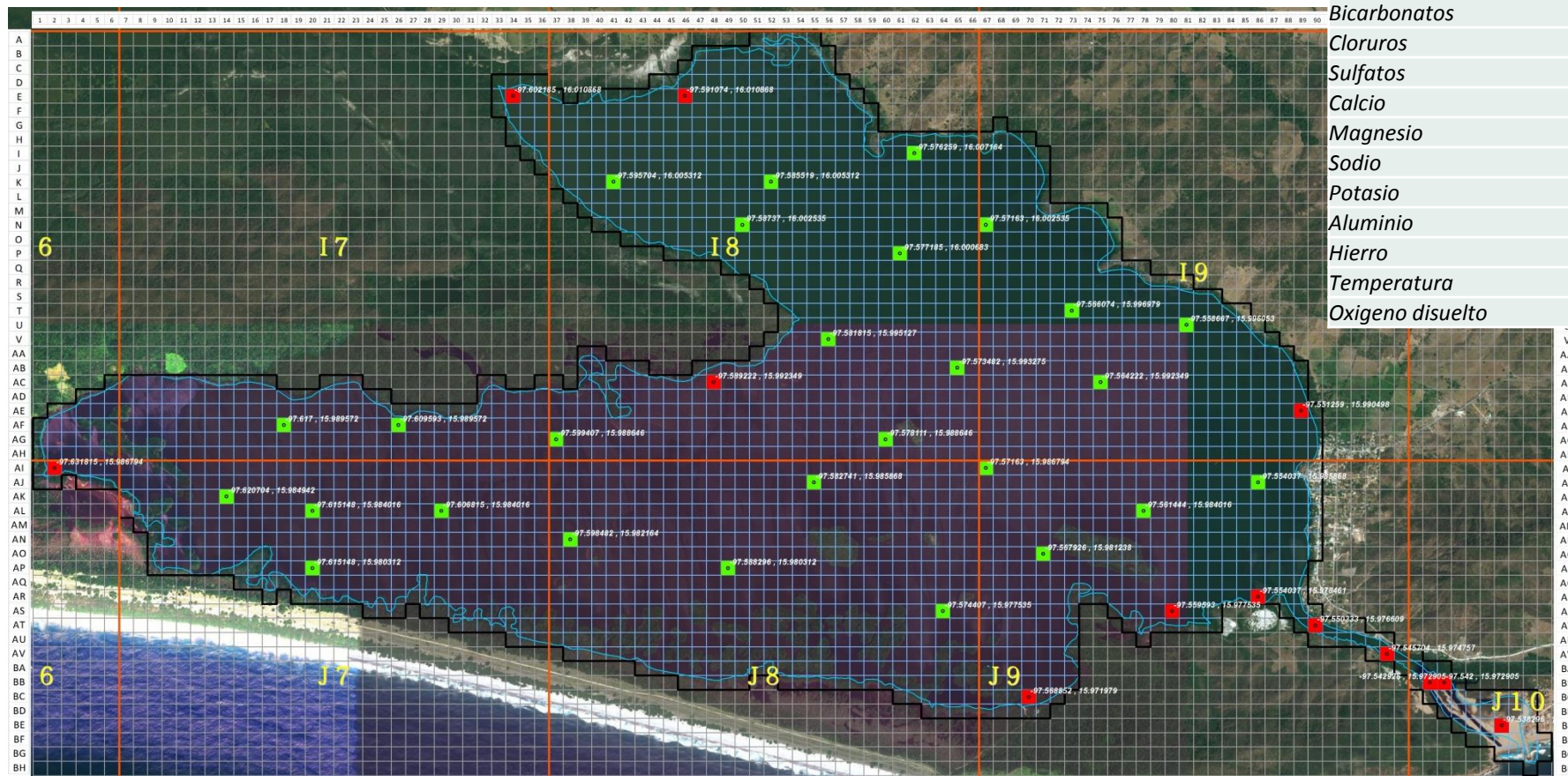
Potasio

Aluminio

Hierro

Temperatura

Oxígeno disuelto



Puntos de muestreo: 40

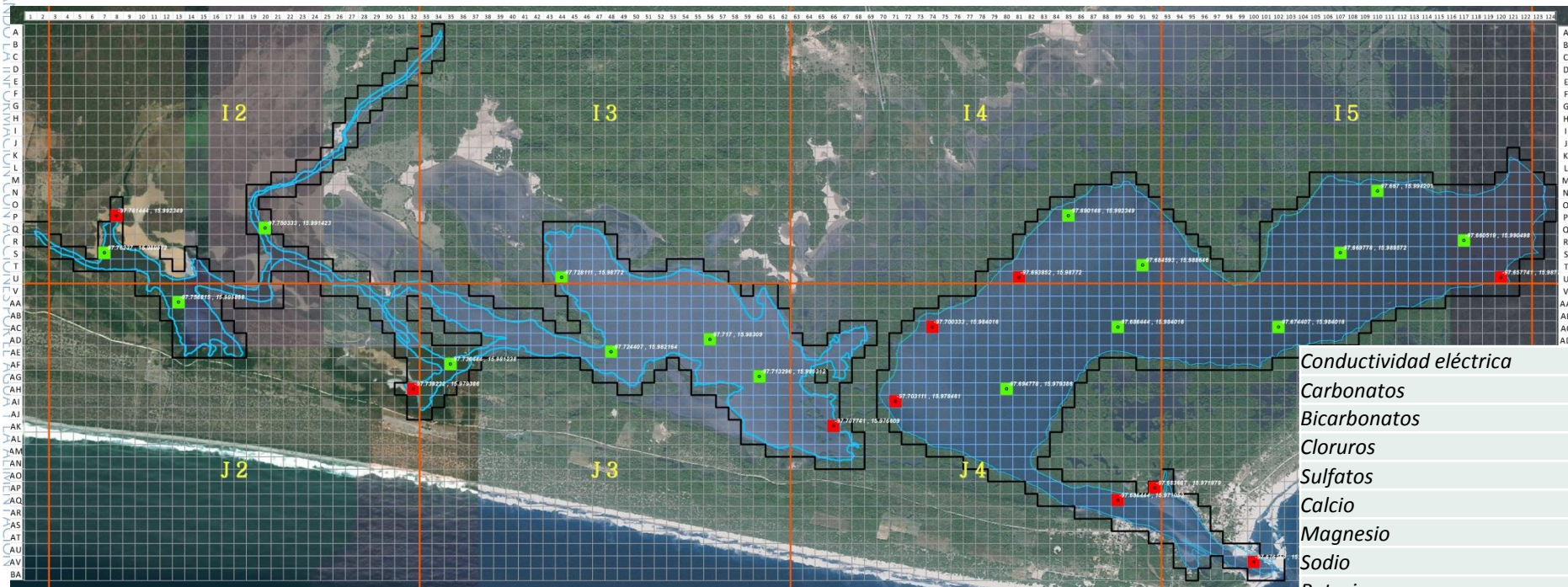
■ Puntos de interés

■ Puntos adicionales

¿Dónde muestrear...?

Laguna Chacahua

VINCULACIÓN DE LA INFORMACIÓN CON ACCIONES DE MONITORIAO



Puntos de muestreo: 26

- Puntos de interés
- Puntos adicionales

1. Esquema de muestreo de acuerdo al número de análisis de calidad de agua programados.
2. Definición de puntos de muestreo en áreas donde convergen corrientes perennes e intermitentes.
3. Consideración de puntos de muestreo en áreas internas y externas de las lagunas.
4. Fechas de muestreo cuatrimestrales a través del tiempo.
5. Intensificación del muestreo en cada laguna que conforman el complejo lagunar Chacahua-Pastoría.
6. Distribución espacial representativa para estudios geoestadísticos futuros.

Gracias



Instituto Nacional de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias

M. en G. Rafael Alberto Guajardo Panes
Investigador titular del INIFAP
Programa de Agroclimatología y Modelaje

guajardo.rafael@inifap.gob.mx

Tel.: 01 (800) 088 2222
Ext.: 87840

Km. 3.5 Carr. Xalapa-Veracruz (Edif. SAGARPA)
Col. Ánimas
Xalapa, Ver.
C.P. 91190
www.inifap.gob.mx



PUEBLA
XXXI CONVENCIÓN ANUAL Y EXPO

ANEAS
2017
27 NOV + 1 DIC



www.comeii.com/comeii2017

  @CongresoCOMEII

 info@comeii.com