

SOMMARIO

INTRODUZIONE	13
1. L'ACQUA E LA SUA IMPORTANZA	15
1.1 Le risorse idriche nel mondo	15
1.1.1 Le sorgenti d'acqua dolce.....	17
1.1.2. La gestione delle risorse idriche	20
1.2 La crisi idrica e i paesi in via di sviluppo	26
1.2.1 Le risorse idriche in America Latina	28
1.3 La crisi idrica e la cooperazione internazionale a livello mondiale	34
1.3.1 La cooperazione internazionale in Ecuador.....	35
1.3.2 La cooperazione internazionale in Galápagos.....	42
2. CONTESTO: SANTA CRUZ, GALÁPAGOS (ECUADOR)	46
2.1 L'Ecuador	46
2.1.1 La normativa ambientale	48
2.2 L'arcipelago delle Galápagos	51
2.2.1 La legge speciale per le Galápagos	53
2.2.2 Le risorse idriche in Galápagos	54
2.3 Isola di Santa Cruz	60
2.2.1 Inquadramento climatico.....	61
2.2.2 Inquadramento geologico.....	64
2.2.3 Inquadramento idrologico	64
2.2.4 Inquadramento idrogeologico	66
2.2.5 Inquadramento socio-economico.....	68
2.4 L'approvvigionamento di acqua potabile e i problemi d'inquinamento idrico	71
2.4.1 Le fonti d'acqua potabile	71
2.4.2 La qualità e la contaminazione delle risorse idriche	74
2.4.3 La tariffa idrica	75
2.5 L'approvvigionamento idrico per il settore agricolo	76
2.6 Gli enti gestori e di controllo della risorsa idrica	78
3. STRUMENTI A SUPPORTO DEI PROCESSI DI GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE	80
3.1 Database e Infrastruttura dati	81
3.2 Sistema Informativo Geografico	85

3.3 Decision Support System	89
3.3.1 Spatial Decision Support System	92
4. CASO DI STUDIO: LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE NELL'ISOLA DI SANTA CRUZ	95
4.1 Fase I: Raccolta e digitalizzazione dei dati	96
4.1.1 I dati storici dei monitoraggi ambientali	96
4.1.2 La digitalizzazione	98
4.1.3 Le criticità.....	99
4.1.4 Le modalità di campionamento	101
4.1.5 Il rilevamento GPS	103
4.2 Fase II: Sviluppo del Database	105
4.2.1 Elaborazione del DBMS.....	105
4.2.2 Elaborazione di <i>query</i>	106
4.2.3 Controllo di coerenza dei dati storici per la validazione	107
4.3 Fase III: Elaborazioni in GIS.....	110
4.3.1 I dati esistenti	110
4.3.2. L'importazione del DBMS e le mappe realizzate.....	112
4.4 Fase IV: Valutazione del carico organico	115
4.4.1 Protezione delle acque.....	115
4.4.2 Stima del carico organico.....	117
5. RISULTATI E DISCUSSIONE	121
5.1 Controllo di coerenza dei dati storici per la validazione	121
5.1.1 Le query.....	121
5.1.2 Analisi delle serie temporali.....	128
5.1.3 Analisi della dispersione statistica.....	136
5.1.4 Considerazioni finali	145
5.2 Valutazione del carico organico.....	146
5.3 Proposte di sviluppo futuro.....	148
5.3.1 Campagna di educazione.....	148
5.3.2 Sistemi di depurazione delle acque reflue	150
5.3.3 Sanificazione dei serbatoi d'acqua potabile	151
5.3.4 Impianto di potabilizzazione ad osmosi inversa.....	152
5.3.5 <i>Laguna de Las Ninfas</i>	153
CONCLUSIONE	156
APPENDICE	158

Allegato 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Libro VI, anexo 1	158
Allegato 2: Codici dei siti di monitoraggio.....	208
Allegato 3: Struttura delle tabelle del database	222
Allegato 4: Mappe in GIS.....	225
Allegato 5: Statistiche.....	242
Allegato 6: Serie temporali.....	265
Allegato 7: Dispersione statistica	276
BIBLIOGRAFIA	286
SITOGRAFIA.....	294
RINGRAZIAMENTI.....	296

Indice delle figure

Figura 1. (A) Distribuzione mondiale totale delle acque; (B) Distribuzione dell'acqua dolce.	16
Figura 2. Distribuzione delle acque sotterranee nel mondo.	18
Figura 3. Il diritto umano all'acqua e ai servizi igienico-sanitari	23
Figura 4. Mappa delle aree del mondo con scarsità idrica..	26
Figura 5. L'acqua in America Latina.....	28
Figura 6. Inserimento della cooperazione decentrata nella struttura del SECI.	38
Figura 7. Andamento della cooperazione internazionale in milioni di dollari dal 1960 al 2010.....	39
Figura 8. La cooperazione internazionale non rimborsabile, divisa per settore d'intervento.....	40
Figura 9. Distribuzione del capitale finanziario della cooperazione internazionale in Ecuador, diviso per province.....	41
Figura 10. Carta delle regioni bio-geografiche dell'Ecuador.	46
Figura 11. Ubicazione delle isole Galápagos rispetto al continente.	51
Figura 12. Mappa cartografica delle Isole Galápagos.	52
Figura 13. Mappa dell'isola di Santa Cruz.....	60
Figura 14. Andamento della media delle temperatura a Puerto Ayora (zona costiera dell'isola) e di Bellavista (zona di transizione).....	62
Figura 15. Andamento della media delle precipitazioni a Puerto Ayora (zona costiera dell'isola) e di Bellavista (zona di transizione).....	63
Figura 16. Rappresentazione dell'infiltrazione idrica presso l'isola di Santa Cruz.	65
Figura 17. Mappa delle micro - bacini dell'isola di Santa Cruz.	66
Figura 18. Valutazione idrogeologica mediante l'interpretazione della resistività in 3D.	67
Figura 19. Esempio di <i>tanque</i> posto in prossimità di un'abitazione privata presso Puerto Ayora.....	72
Figura 20. Mappa delle <i>grietas</i> e livelli relativi alle misure di E. Coli.	73
Figura 21. Schema sulla vendita dell'acqua purificata.....	74
Figura 22. Vulnerabilità del sistema attuale di approvvigionamento dell'acqua per consumo umano e domestico.	75

Figura 23. Foto delle geomembrana nella zona agricola dell'isola di Santa Cruz..	77
Figura 24. Schema delle sovracompetenze di SENAGUA, DPNG, CGGREG e GADMSC sulla risorsa idrica..	79
Figura 25. Schema semplificato del sistema di database	81
Figura 26. Esempio di dati che possono essere rappresentati in formato vettoriale.	86
Figura 27. Esempio di una mappa raster rappresentante l'uso del suolo.	86
Figura 28. Struttura di un DSS.....	90
Figura 29. Esempio di visualizzazione del DSS di Progea.	93
Figura 30. Schema riassuntivo degli strumenti informatici di supporto per la gestione della risorsa idrica.	94
Figura 31. Schermata del foglio di calcolo "Metadatos agua"	100
Figura 32. Schema delle relazioni tra le tabelle. La tabella "codigo_SITIOS" permette il collegamento e la visualizzazione dei dati in GIS.	106
Figura 33. Struttura di un boxplot.	109
Figura 34. Canton di Santa Cruz; il riquadro rosso evidenzia l'area dell'isola di Santa Cruz nella quale si sono svolte le analisi. La figura 35 è un ingrandimento della stessa area.	112
Figura 36. Mappa dell'isola di Santa Cruz.....	113
Figura 37. Mappa raffigurante i valori medi delle analisi svolte nell'isola di Santa Cruz suicoliformi fecali.	114
Figura 38. Mappa raffigurante i valori medi delle analisi svolte nell'isola di Santa Cruz sulla torbidità.	114
Figura 39. Misure di pianificazione per la protezione delle acque..	115
Figura 40. Delimitazione dell'area di protezione idrogeologica.	116
Figura 41. Mappa della zona agricola con in evidenza gli allevamenti avicoli censiti (esagono bordeaux).....	119
Figura 42. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi fatte sui coliformi fecali nelle <i>grietas</i>	132
Figura 43. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi fatte sui coliformi fecali in acqua di mare.	133
Figura 44. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla conducibilità misurata nelle <i>grietas</i>	134

Figura 45. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla conducibilità misurata nelle <i>grietas</i>	134
Figura 46. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla torbidità misurata nelle <i>grietas</i>	135
Figura 47. Foto del <i>tanque</i> della Vertiente Santa Rosa.....	135
Figura 48. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla torbidità misurata in acqua di mare. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU.....	136
Figura 49. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali.....	137
Figura 50. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi totali.....	137
Figura 51. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati in punti d'acqua marina.....	138
Figura 52. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati in punti d'acqua marina. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.	139
Figura 53. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle <i>grietas</i> della parte umida dell'isola.....	139
Figura 54. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle <i>grietas</i> della parte umida dell'isola. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.	140
Figura 55. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle <i>grietas</i> della parte secca dell'isola.....	140
Figura 56. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle <i>grietas</i> della parte secca dell'isola. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.....	141
Figura 57. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.	141
Figura 58. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati (con correzione).....	142
Figura 59. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati nei punti d'acqua marina.....	142
Figura 60. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati nelle <i>grietas</i> della parte secca dell'isola.....	143
Figura 61. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati.....	143
Figura 62. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati nelle <i>grietas</i> della parte secca di Santa Cruz.....	144

Figura 63. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati nelle <i>grietas</i> della parte alta di Santa Cruz.....	144
Figura 64. Campagna di educazione sulla raccolta differenziata.....	149
Figura 65. Pozzo settico della centrale elettrica.	150
Figura 66. Cerro La Vertiente Santa Rosa, considerata la fonte d'acqua.....	151
Figura 67. Laguna de Las Ninfas.....	153
Figura 69. Ingresso di acqua con evidenti macchie d'olio.	155

Indice delle tabelle

Tabella 1. Tipologia delle acque superficiali presenti nelle isole Galápagos.....	56
Tabella 2. Tipologia delle acque sotterranee presenti nelle isole Galápagos.....	58
Tabella 3. Gli strumenti di geoprocessing più comunemente usati.....	88
Tabella 4. Tabella delle fonti dei dati dei monitoraggi ambientali.....	97
Tabella 5. Struttura Tabella "Toma_de_Muestras"	106
Tabella 6. Layer esistenti utilizzati per l'elaborazioni di altre mappe	111
Tabella 7. Layer della zona agricola.....	112
Tabella 8. Numero di parametri analizzati per sito.....	122
Tabella 9. Numero di siti in cui sono stati analizzati i parametri.....	124
Tabella 10. Repliche parametri per sito.....	124
Tabella 11. Analisi statistica sui valori rilevati per i coliformi fecali.	126
Tabella 12. Analisi statistica sui valori rilevati per la conducibilità.....	127
Tabella 13. Analisi statistica sui valori rilevati per la torbidità.....	128
Tabella 14. Riepilogo parametri con valori analizzati identici nelle varie misurazioni e siti.	129
Tabella 15. Parametri per i quali le serie temporali non sono significative.	130
Tabella 16. Valori dei coliformi fecali considerati particolarmente elevati.....	132
Tabella 17. Tabella riassuntiva del carico organico della zona agricola e totale dell'isola.	146
Tabella 18. Tabella relativa il calcolo del carico organico dell'isola di Santa Cruz.....	147

SOMMARIO DEGLI ACRONIMI

AE = Abitante Equivalente

BGR = *Federal Institute for Geosciences and Natural Resources (Germany)* (Istituto Federale per le Geoscienze e le Risorse Naturali)

BOD₅ = Domanda Biologica di Ossigeno a 5 giorni

CGREG = *Consejo de Gobierno del Regimen Especial de Galápagos* (Consiglio di Governo di Regime Speciale delle Galápagos)

CEPAL = *Comisión Económica para América Latina y el Caribe* (Commissione Economia per l'America Latina e i Caraibi, in inglese ECLAC)

CINR = *Cooperación Internacional No Reembolsable* (Cooperazione Internazionale Non Rimborsabile)

CNRH = *Consejo Nacional de Recursos Hídricos* (Consiglio Nazionale delle Risorse Idrologiche)

COD = Domanda Chimica di Ossigeno

CONELEC = *Consejo Nacional de Electricidad* (Consiglio Nazionale dell'Elettricità)

COOTAD = *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización* (Codice Organico di Organizzazione Territoriale, Autonomia e Decentralizzazione)

CRDs = *Corporaciones Regionales de Desarrollo* (Corporazioni Regionali dello Sviluppo)

D. Lgs = Decreto legislativo

DB = Database

DBMS = *Database Management System* (Sistema di gestione dei database)

DGMS = *Dialog Generation and Management System* (Sistema di Generazione e Gestione del Dialogo)

DPNG = *Dirección del Parque Nacional Galápagos* (Direzione del Parco Nazionale Galápagos)

DSS = *Decision Support System* (o SSD; Sistema di Supporto alle Decisioni)

ENSO = *El Niño - Southern Oscillation* (El Niño - Oscillazione Meridionale)

ESPOL = *Escuela Superior Politécnica del Litoral* (Scuola Superiore Politecnico del Litorale)

EPI = *Ecology Project International* (Progetto Internazionale sull'Ecologia)

FAO = *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'alimentazione e l'agricoltura)

FASBASE = Fortalecimiento y Ampliación de los Servicios Básicos de Salud en el Ecuador (Potenziamento ed estensione dei servizi sanitari di base in Ecuador)

FCD = *Fundación Charles Darwin* (Fondazione Charles Darwin, in inglese *Charles Darwin Foundation*)

GADs = *Gobiernos Autónomos Descentralizados del Ecuador* (Governi Autonomi Decentralizzati dell'Ecuador)

GADMSC = *Gobierno Autónomo Municipal Descentralizado de Santa Cruz* (Governo Autonomo Municipale Decentralizzato di Santa Cruz)

GIS = *Geographic Information System* (o SIG, Sistema Informativo Geografico)

GPS = *Global Positioning System* (Sistema di Posizionamento Globale)

GTZ = Cooperazione tecnica tedesca

GWP = *Global Water Partnership* (Collaborazione Globale sull'Acqua)

IDT = Infrastruttura Dati Territoriale (in inglese SDI, *Spatial Data Infrastructure*)

IGRAC = *International Groundwater Resources Assessment Centre* (Centro di Valutazione sulle Risorse Sotterranee Internazionali)

INAMHI = *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología* (Istituto Nazionale di Meteorologia e Idrologia)

INEC = *Instituto Nacional de Estadística y Censos* (Istituto Nazionale di Statistica e Censimento)

INEFAN = *Instituto Ecuatoriano Forestal y de Areas Naturales y Vida Silvestre* (Istituto Ecuatoriano Forestale e delle Aree Naturali Protette e Vita Silvestre)

INGALA = *Instituto Nacional Galápagos* (Istituto Nazionale delle Galápagos)

INSPIRE = *IN*frastructure for *SP*atial *InfoR*mation in *E*urope

IPPC = *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Gruppo intergovernativo di esperti sui Cambiamenti Climatici)

IRSA = Istituto di Ricerca sulle Acque

IWRM = *Integrated Water Resources Management* (Gestione Integrata delle Risorse Idriche)

JICA = *Japan International Cooperation Agency* (Agenzia Giapponese di Cooperazione Internazionale)

LOREG = *Ley Organica de Regimen Especial para la Conservacion y Desarrollo Sustentable de la Provincia de Galápagos* (Legge Speciale per la Provincia di Galápagos)

MAE = *Ministerio del Ambiente de Ecuador* (Ministero dell' Ambiente dell' Ecuador)

MAGAP = *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca* (Ministero dell' Agricoltura, Allevamento, Acquacoltura e Pesca)

MATTM = Ministero dell' Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare

MBMS = *Model Base Management System* (Sistema di Gestione di un Modello Base)

MDG = *Millennium Development Goals* (Obiettivi di Sviluppo del Millennio)

MIDUVI = *Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda* (Ministero dello Sviluppo Urbano e dell' Abitazione)

OCSE = Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico

ODEPLAN = *Oficina de Planificación* (Ufficio di Pianificazione)

ONG = Organizzazione Non Governativa

ONU = Organizzazione delle Nazioni Unite

PNG = *Parque Nacional Galápagos* (Parco Nazionale delle Galápagos)

PUCP = *Pontificia Universidad Católica del Perú* (Università Pontificia Cattolica del Perù)

SECI = *Sistema Ecuatoriano de Cooperación Internacional* (Sistema Ecuatoriano della Cooperazione Internazionale)

SDSS = *Spatial Decision Support System* (o SSDS; Sistema di Supporto alle Decisioni Spaziali)

SELA = *Sistema Económico Latinoamericano y del Caribe* (Sistema Economico Latino-Americano e dei Caraibi)

SENAGUA = *Secretaría Nacional del Agua* (Segreteria Nazionale dell' Acqua)

SETECI = Secretaría Técnica de Cooperación Internacional (Segreteria Tecnica della Cooperazione Internazionale)

SkyTEM = Sistema Elettro-Magnetico Transitorio

SNAP = *Sistema Nacional de Áreas Protegidas* (Sistema Nazionale delle Aree Protette)

TAC = *Technical Advisory Committee of the Global Water Partnership* (Comitato Tecnico Consultivo della GWP)

UN = *United Nations* (Nazioni Unite)

UNCED = *United Nations Conference on Environment and Development* (Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e lo Sviluppo)

UNDESA = *United Nations Department of Economic and Social Affairs* (Dipartimento delle Nazioni Unite per gli Affari Economici e Sociali)

UNDP = *United Nations Development Programme* (Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo)

UNEP = *United Nations Environment Programme* (Programma delle Nazioni Unite per l'Ambiente)

UNESCO = *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (Organizzazione delle Nazioni Unite per l'Educazione, la Scienza e la Cultura)

UNGA = *General Assembly of the United Nations* (Assemblea Generale delle Nazioni Unite)

UN-Habitat = *United Nations Human Settlements Programme* (Programma delle Nazioni Unite sugli Insediamenti Umani)

UNICEF = *United Nations Children's Fund* (Fondo delle Nazioni Unite per l'Infanzia)

UN-Water = *United Nations Water* (Meccanismo delle Nazioni Unite sull'Acqua)

UNW-DPAC = *UN-Water Decade Programme on Advocacy and Communication* (Programma Decennale di UN-Water sul Sostegno e la Comunicazione)

USACE = *Cuerpo de Ingenieros del Ejercito de los Estados Unidos U.S. Army Corps of Engineers* (Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti)

USAID = *United States Agency for International Development* (Agenzia degli Stati Uniti per lo Sviluppo Internazionale)

UTM = *Universal Transverse of Mercator* (proiezione Universale Trasversa di Mercatore)

WCD = *World Commission on Dams* (Commissione Mondiale sulle Dighe)

WGS84 = *World Geodetic System 1984* (sistema geodetico mondiale, riferito al 1984)

WHO = *World Health Organization* (Organizzazione Mondiale della Sanità)

WHYMAP = *World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme* (Programma Mondiale di Mappatura e Valutazione Idrogeologica)

WSSCC = *Water Supply and Sanitation Collaborative Council* (Consiglio Collaborativo sull'Approvvigionamento Idrico e i Servizi igienico-sanitari)

WWAP = *Water Assessment Programme* (Programma Mondiale sull'Acqua)

WWF = *World Wildlife Fund* (Fondo Mondiale per la Vita Selvatica)

INTRODUZIONE

La gestione delle risorse idriche dovrebbe essere alla base di ogni programma delle amministrazioni territoriali, essendo l'acqua risorsa fondamentale per qualsiasi sviluppo, e crescita. Essa, infatti, è bene primario e risorsa ineluttabile, ma può diventare uno dei vettori più pericolosi per la salute umana.

A questo proposito l'Organizzazione Mondiale della Sanità ha indicato che interventi puntuali e a basso costo potrebbero migliorare drasticamente la qualità microbiologica dell'acqua per usi domestici e ridurre proporzionalmente i rischi per la salute umana ed animale (WHO and UNICEF, 2010). Aumentare la possibilità di accesso all'acqua potabile è uno degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio, da realizzarsi entro il 2015, sul quale molte ONG, e governi stanno lavorando a livello internazionale.

Il presente lavoro di tesi, prendendo spunto da questi principi, si è svolto all'interno del progetto di cooperazione internazionale tra l'Università Ca' Foscari, la Regione Veneto e il Municipio di Santa Cruz (GADMSC) Galápagos. Tale progetto si pone l'obiettivo generale di promuovere lo sviluppo sostenibile dell'arcipelago delle Galápagos. Arcipelago, unico nella sua biodiversità e nella sua fragilità ecologica, conosciuto come meta per il turismo naturale e come luogo legato indissolubilmente al mito di Darwin e all'evoluzione delle specie. L'obiettivo quindi che si pone il seguente elaborato è la comprensione del sistema idrico dell'isola di Santa Cruz, attraverso il supporto tecnico-scientifico di strumenti informatici identificati come idonei per processi decisionali di tipo pubblico.

Il caso di studio, preso in esame è l'isola di Santa Cruz. Isola caratterizzata da scarsità di risorse idriche a causa della morfologia e litologia del terreno, cui si aggiunge una riduzione della quantità fruibile d'acqua, come conseguenza delle attività antropiche, e di una non conoscenza dei cicli idrobiogeologici.

Nel primo capitolo si parlerà dell'importanza dell'acqua, prestando particolare attenzione alle sorgenti d'acqua dolce, alla gestione delle risorse idriche e alla crisi idrica. Purtroppo secondo l'UNDP la scarsità d'acqua rappresenta un

problema soprattutto nei paesi in via di sviluppo e per questo motivo ci si focalizzerà anche sulle risorse idriche dell'America Latina, come area del caso di studio. Infine, si contestualizzerà il sistema della cooperazione internazionale essendo tale struttura, strumento di supporto principale per la corretta gestione delle acque e l'implementazione delle sue politiche; in particolar modo nell'arcipelago delle Galápagos.

Il secondo capitolo contestualizzerà il caso di studio dal punto di vista territoriale e gestionale. In particolare sia dal punto di vista della normativa ambientale nazionale che delle caratteristiche territoriali. Questo inquadramento generale avrà lo scopo di introdurre le problematiche e le caratteristiche dell'approvvigionamento idrico e le problematiche legate alla risorsa in sé.

Il terzo capitolo, presenterà gli strumenti identificati sia per le successive analisi sia per la costruzione di una metodologia per le pubbliche amministrazioni che le rendano in grado di gestire autonomamente le risorse idriche nel tempo. Tale metodologia si basa sulla costruzione di un processo metodologico per implementare un Decision Support System, e in particolare nella costruzione sequenziale di un database preparato per l'elaborazione attraverso una piattaforma GIS.

(Non ci si pone l'obiettivo di sviluppare e implementare un sistema di supporto alle decisioni (DSS) perché sarebbe necessaria la competenza di un informatico).

Il quarto capitolo descriverà il caso di studio, partendo dalla raccolta dei dati e la loro digitalizzazione. Saranno quindi descritte tutte le fasi che si sono susseguite nella preparazione di: sviluppo del database, elaborazione delle mappe in GIS e contestualmente la valutazione della qualità delle acque, relativamente ai parametri storici.

Nell'ultimo capitolo, si discuteranno i risultati emersi dalle valutazioni del capitolo precedente.

Valutazioni che serviranno come base tecnica per proporre sistemi di mitigazione o soluzioni tecniche, da applicare nel territorio.

Essendo la finalità dell'elaborato proporre una metodologia di gestione delle acque per l'amministrazione pubblica, che possa supportare un sistema di

monitoraggio congruo, efficiente ed efficace e che generi la capacità d'identificare aree contaminate nel personale tecnico amministrativo presente. Il quale possa in autonomia, definire i possibili scenari e soluzioni da proporre nella gestione ordinaria ed eventualmente straordinaria degli interventi legati alle risorse idriche. Per questo motivo, si è deciso di inserire dei possibili interventi che coinvolgono il settore idrico, il cui obiettivo è quello di migliorare la qualità dell'acqua, e promuovere una gestione più consona da parte del GADMSC.

1. L'ACQUA E LA SUA IMPORTANZA

La conoscenza del ciclo idrologico e un'adeguata gestione integrata delle risorse idriche rappresentano elementi fondamentali per lo sviluppo sociale e politico di ciascun paese. Tuttavia, nell'ultimo secolo, l'aumento della popolazione mondiale, l'incremento della domanda idrica e i cambiamenti climatici hanno reso questa risorsa sempre più scarsa (UNESCO, 2012), tanto da renderla la prima risorsa da proteggere e preservare (WWAP, 2009).

In questo capitolo ci si pone l'obiettivo di approfondire il ciclo idrologico e la gestione della risorsa, prestando particolare attenzione all'accesso all'acqua potabile e ai servizi igienico-sanitari, alla crisi idrica nei paesi in via di sviluppo e al ruolo della cooperazione internazionale. Queste tematiche saranno sviluppate in particolare modo nel contesto latino-americano ed ecuatoriano.

1.1 Le risorse idriche nel mondo

È noto che solo il 2,5% delle risorse idriche globali sono potenzialmente disponibili, (in quanto acqua non salata); il restante 97,5% si trova negli oceani (Figura 1A). Dell'acqua dolce, circa il 70% si trova nelle calotte glaciali, sotto forma di neve e ghiaccio, quindi non direttamente utilizzabile, mentre il 30% si trova immagazzinato negli acquiferi (Figura 1B). Ne risulta che soltanto lo 0,3% di queste sia direttamente accessibile, trovandosi in laghi, corsi idrici superficiali e sotto-forma di acque meteoriche (UNEP, 2012).

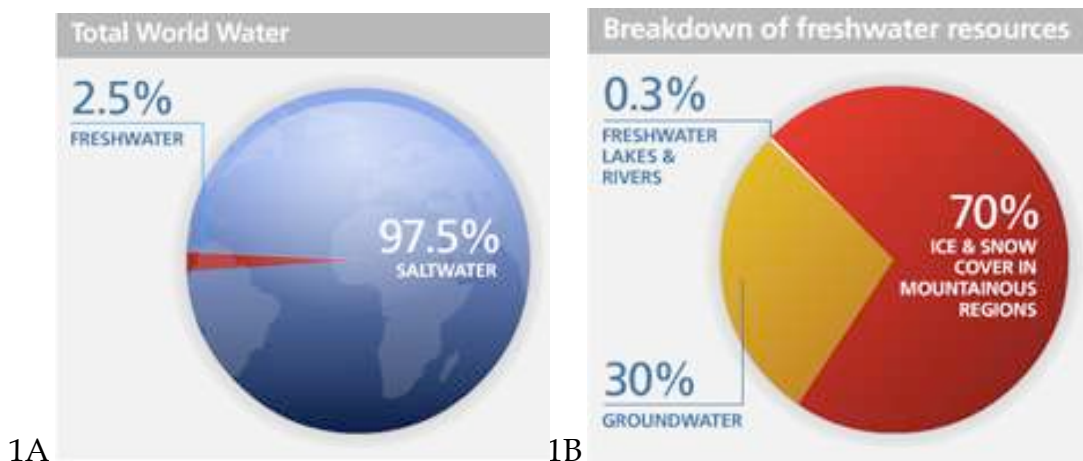


Figura 1. (A) Distribuzione mondiale totale delle acque; (B) Distribuzione dell'acqua dolce. (Fonte: UN-Water, 2013)

Il movimento dell'acqua dolce tra le parti terrestri, gli oceani e la criosfera è conosciuto come ciclo idrologico o ciclo dell'acqua. La conoscenza della dinamica dell'acqua e la variabilità spaziale e temporale della disponibilità idrica sono gli aspetti più importanti per una gestione sostenibile della risorsa, e le forzanti climatiche sono a capo di questa variabilità.

Basti pensare che nei climi aridi l'evaporazione e l'evapotraspirazione sono la causa del 30-70% delle perdite, mentre la ricarica delle acque sotterranee è di circa 1-30% (WWAP, 2006). Gran parte della popolazione mondiale vive nelle aree semi-aride e aride del pianeta, in cui circa il 30% delle precipitazioni sono disponibili come acqua pronta all'uso (UNESCO, 2012). Inoltre, l'aumento della temperatura dovuto al riscaldamento globale ridurrà in futuro la quantità d'acqua disponibile per l'uso immediato e temperature maggiori ridurranno anche la ricarica delle falde sotterranee, aggravando ulteriormente la disponibilità idrica (IPPC, 2007).

Lo stato delle risorse idriche, quindi, è in continuo cambiamento come risultato sia della variabilità naturale che dell'alterazione antropica del sistema climatico stesso e della superficie terrestre. Esso è anche influenzato dalle attività umane che condizionano la domanda, come la crescita di popolazione, lo sviluppo economico e i cambiamenti nella dieta (UNESCO, 2012).

L'acqua, quindi, sostiene tutte le comunità e le economie che gravitano attorno ad essa, compresa l'agricoltura. Il problema però è che non viene restituita all'ambiente nelle stesse condizioni in cui è stata estratta (Corcoran et al., 2010).

Soprattutto nei paesi in via di sviluppo, la scarsa igiene e l'inadeguata gestione delle acque comportano una contaminazione delle sorgenti d'acqua dolce e dei corpi idrici superficiali e sotterranei, principale causa di malattie e morte, in particolare tra i bambini (UNESCO, 2012).

Per questo motivo la qualità dell'acqua è importante come la quantità, per soddisfare i bisogni di base umani e ambientali, anche se ha ricevuto meno investimenti, supporto scientifico e attenzione pubblica negli ultimi decenni (UNESCO, 2012). Una scarsa qualità dell'acqua, infatti, riduce la quantità disponibile a fini potabili, industriali e agricoli (UNEP, 2010).

Inoltre, una qualità mediocre ha molti costi economici associati, che includono il degrado dei servizi ecosistemici, i costi legati alla salute, gli impatti sulle attività economiche, l'aumento dei costi dei trattamenti dell'acqua e la diminuzione delle caratteristiche della risorsa (UNEP, 2010).

Importante è anche l'impatto sulla salute umana. In questo contesto, i principali rischi sono da considerarsi priorità a livello locale, nazionale e globale, come espresso negli Obiettivi di Sviluppo del Millennio (MDG), in quanto le malattie dovute alla contaminazione delle acque sono la maggior causa di morte a livello globale (UNESCO, 2012).

1.1.1 Le sorgenti d'acqua dolce

Le principali sorgenti d'acqua dolce sono le acque superficiali, le acque sotterranee e l'acqua piovana (UNESCO, 2012). Queste risorse devono essere quindi preservate e usate in maniera adeguata se si vuole garantire la fruibilità a lungo termine.

La facilità di prelievo rende l'acqua superficiale, la fonte idrica alla quale è possibile ricorrere più facilmente per soddisfare il fabbisogno idrico associato alle diverse attività umane. L'immediata disponibilità e la semplicità d'accesso sono però controbilanciate dalla possibile contaminazione chimica e microbiologica. Sono sottoposte a varie forme d'inquinamento, sia urbano che industriale, dovuto al degrado dei suoli che provoca aumento dei sedimenti nei corsi d'acqua, al trattamento debole o assente contro un utilizzo sempre più massiccio di sostanze chimiche inquinanti in agricoltura e di metalli pesanti nei

processi produttivi, e al non trattamento delle acque reflue in alcune parti del mondo (Stellar, 2010).

A differenza delle acque superficiali, che sono state intensamente sfruttate da migliaia di anni, le acque sotterranee sono rimaste, fino a meno di un secolo fa, una risorsa scarsamente utilizzata (UNESCO, 2012). È durante il ventesimo secolo, infatti, che l'estrazione ha avuto luogo in tutto il mondo per soddisfare la domanda idrica dovuta all'aumento della popolazione e al deterioramento delle acque superficiali.

Si stima che il volume totale delle acque dolci sotterranee immagazzinate sulla Terra possa essere di 8-10 milioni di km³ (Margat, 2008), che è più di duemila volte l'attuale prelievo annuale totale tra acque superficiali e sotterranee, e nella figura 2 si può vedere la distribuzione geografica dei maggiori bacini del mondo: le aree continentali colorate in blu rappresentano i maggiori bacini di acque sotterranee, in verde le aree con una struttura idrogeologica complessa e in marrone le zone con acquiferi superficiali e locali.

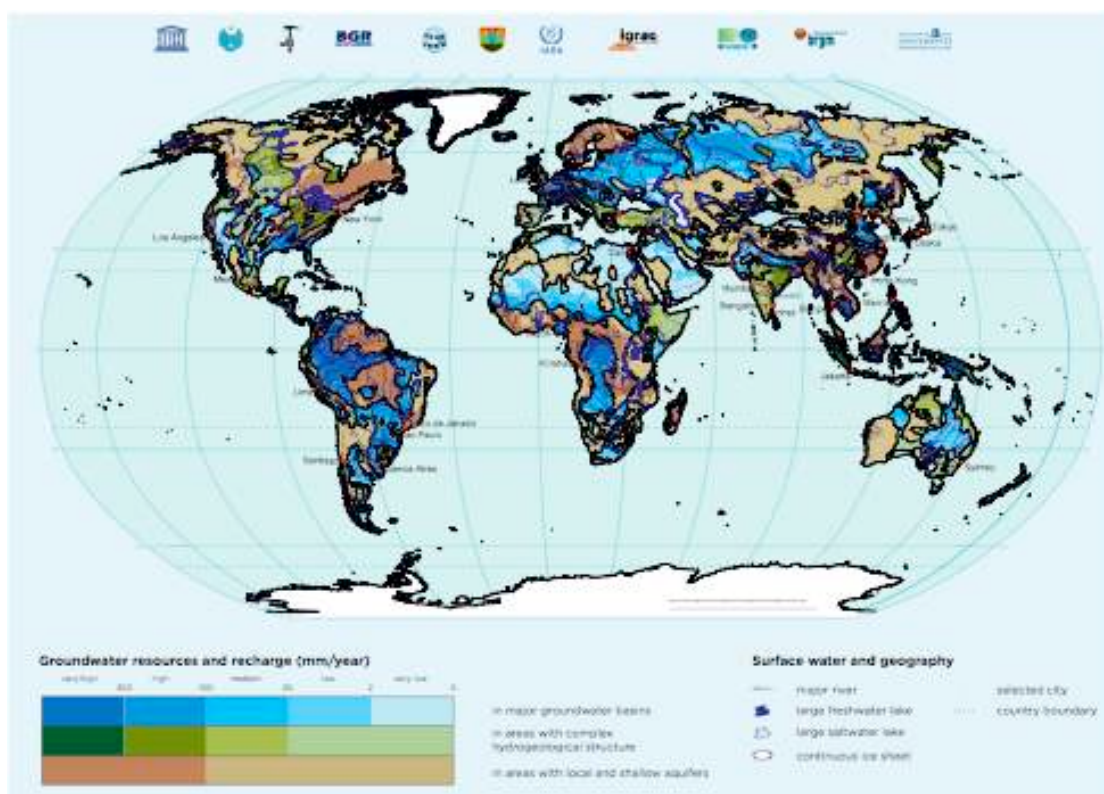


Figura 2. Distribuzione delle acque sotterranee nel mondo (Fonte: BGR and UNESCO, da WHYMAP, 2008).

Dal 2010 l'estrazione mondiale stimata delle acque sotterranee è di circa 1.000 km³ all'anno: circa il 67% viene utilizzato per l'irrigazione, il 22% per usi

domestici e l'11% a fini industriali (Margat, 2008; IGRAC, 2010; Siebert et al, 2010; AQUASTAT, 2011; EUROSTAT, 2011).

Il tasso globale di prelievo, quindi, è triplicato negli ultimi cinquant'anni e questo ha fondamentale cambiato il ruolo dell'acqua sotterranea nella società umana, in particolare nei settori dell'irrigazione (UNESCO, 2012).

Questa risorsa, infatti, fornisce circa metà delle acque potabili del mondo (WWAP, 2009) e il 43% dell'uso globale delle acque per l'irrigazione (Siebert et al., 2010). L'acqua sotterranea, infatti, è anche cruciale per la sussistenza e la sicurezza alimentare per 1,2-1,5 miliardi di famiglie rurali delle regioni più povere dell'Asia e dell'Africa, e per le forniture domestiche di gran parte della popolazione mondiale (Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, 2007).

I tassi sempre crescenti d'estrazione e altre interazioni umane, come ad esempio quelle prodotte dal cambiamento dell'uso del suolo e dall'emissione di sostanze inquinanti, influenzano lo stato dei sistemi delle acque sotterranee. Per di più, si deve tener conto dei processi d'intrusione salina nelle zone costiere e la risalita di acque provenienti da falde saline profonde, spesso causate da un emungimento spinto attraverso pozzi superficiali (Stellar, 2010). Inoltre, il cambiamento climatico e il relativo innalzamento del livello del mare costituiscono un'altra minaccia alla qualità delle acque sotterranee nelle zone costiere.

Nonostante le valide preoccupazioni sui tassi d'estrazione insostenibili e l'inquinamento in molte parti del mondo, le risorse sotterranee, se attentamente gestite, possono apportare un significativo contributo alla richiesta idrica nel futuro. Sono, infatti, una fonte affidabile d'acqua per uso domestico in molte aree rurali e urbane, e possono contribuire in maniera positiva allo sviluppo socio-economico e alla riduzione della povertà (UNESCO, 2012).

Un'altra fonte di approvvigionamento idrico sono le precipitazioni, seppur con una elevata variabilità spaziale e stagionale sul pianeta da cui dipende la quantità disponibile nell'arco dell'anno. Si osserva quindi, come conseguenza, una distribuzione irregolare delle riserve d'acqua dolce nei diversi paesi e regioni a seconda delle precipitazioni annuali.

Grazie ai progressi nella tecnologia della raccolta delle acque piovane, questa risorsa è sempre più sfruttata a supporto dello sviluppo antropico. Infatti i sistemi di raccolta domestici dell'acqua piovana sono semplici da installare e utilizzare, e la loro natura decentralizzata consente ai proprietari di beneficiarne direttamente. Con le tecnologie di supporto, l'acqua piovana raccolta può essere redditizia e un capitale in tempi di calamità (Stockholm Environment Institute e UNEP, 2009).

L'acqua piovana, inoltre, può essere immagazzinata anche a livello di città. A Singapore, ad esempio, solo minime quantità sono sprecate: viene raccolta ovunque sia possibile (nelle strade e stagni, ma anche su edifici e ponti) prima di essere incanalata in serbatoi, e quindi verso gli impianti di trattamento in cui viene resa idonea per l'uso potabile (UNESCO, 2012).

In generale, quindi, queste risorse (superficiali, sotterranee e meteorologiche) devono essere preservate e usate in maniera adeguata per garantire la sostenibilità a lungo termine. La preservazione degli ecosistemi d'acqua dolce è fondamentale per il concetto di sviluppo sostenibile poiché forniscono servizi che sono cruciali per la sopravvivenza umana: oltre a fornire acqua pulita per l'uso domestico, l'agricoltura e l'industria, essi supportano la pesca, il riciclo dei nutrienti, la rimozione dei rifiuti, la ricarica delle acque sotterranee, aiutano a prevenire l'erosione del suolo e proteggono dalle inondazioni. Questo è particolarmente vero nel caso dei paesi più poveri, poiché spesso dipendono direttamente dall'acqua e dai servizi eco-sistemici forniti da fiumi, laghi e zone umide per la loro sussistenza (UNEP, 2012).

1.1.2. La gestione delle risorse idriche

La gestione delle risorse idriche riguarda le acque superficiali e sotterranee, inclusi:

- distribuzione, valutazione e controllo dell'inquinamento;
- protezione degli ecosistemi legati all'acqua;
- qualità della risorsa;
- infrastrutture naturali e artificiali per la redistribuzione e lo stoccaggio di queste;

- ricarica delle falde acquifere.

Altri aspetti riguardanti tale gestione, concernono la gestione del servizio idrico e, quindi, le reti di distribuzione idrica, e una serie di attività amministrative che soddisfano gli accordi di ripartizione e di titolarità attraverso un ampio spettro d'interessi socio-economici (UNESCO, 2012).

La gestione influenza quasi ogni aspetto della vita umana, compresi lo sviluppo socio-economico, la sicurezza, la salute umana, l'ambiente e anche le credenze culturali e religiose (Dalcanale et al., 2011).

L'UNCED riconosce le sfide nella gestione delle risorse idriche per una molteplicità di usi e minacce che si uniscono a un contesto più ampio di cambiamenti economici, sociali e politici (UNEP, 2012):

- La popolazione è aumentata da circa 5,3 miliardi del 1992 a circa 7 miliardi oggi; in maniera fortemente sproporzionata soprattutto nei paesi meno sviluppati.
- La domanda d'acqua è aumentata drasticamente, risultato dell'aumento della ricchezza e della richiesta energetica e di cibo.
- La competizione tra gli usi è aumentata arrivando, di conseguenza, a delle decisioni difficili.
- Il riallineamento geo-politico: diversi paesi dell'Est e dell'Asia meridionale hanno avuto una crescita economica che ha portato dei cambiamenti nel commercio internazionale avendo implicazioni anche per la gestione delle risorse idriche.
- I cambiamenti climatici comportano implicazioni significative sulla disponibilità delle risorse idriche e sull'attendibilità associata a una più grande probabilità degli eventi estremi.
- In molte regioni la disponibilità è ridotta a causa dell'estrazione dell'acqua sotterranea, dell'inquinamento e dell'estrazione a monte delle sorgenti.
- La crisi economica ha rallentato lo sviluppo e i guadagni nella riduzione della povertà.

Inoltre, i problemi legati alla gestione delle risorse idriche sono generalmente il risultato d'istituzioni inefficaci e della scarsità d'acqua. Il miglioramento di

questa gestione richiede competenze e formazione riguardanti l'ingegneria e la manutenzione delle infrastrutture, l'amministrazione finanziaria e istituzionale, e l'analisi politica.

Un'altra preziosa fonte di conoscenza è l'esperienza maturata dai professionisti locali nella gestione pratica, poiché sono consapevoli dei rischi e delle incertezze relativi al sistema su cui operano, e sono spesso i primi a individuare nuovi temi e problemi, come pure le loro soluzioni.

La gestione delle risorse idriche, quindi, non è solo una questione tecnica, ma richiede una combinazione di misure tra cui cambiamenti nelle politiche, prezzi e altri incentivi, così come le infrastrutture e installazioni. Una gestione integrata delle risorse idriche (*Integrated Water Resource Management, IWRM*), infatti, si deve concentrare sulla necessaria integrazione della gestione all'interno di più settori, politiche e istituzioni.

La mancanza di legami intersettoriali può portare a una gestione non coordinata, che può però provocare confusione, conflitti e spreco di risorse (Capnet, GWP e UNDP, 2005) e un quadro complessivo insostenibile in cui, nella migliore delle ipotesi, le varie parti si contendono le soluzioni subottimali.

Un'altra questione fondamentale è l'assenza di una raccolta sistematica di dati, che nella maggior parte dei paesi impedisce la comprensione delle relazioni periodiche sulle risorse idriche e sui trend d'utilizzo. Vi è quindi un crescente interesse e domanda per ottenere dati sull'acqua più accurati e coerenti. Questo dev'essere tradotto in una maggiore disponibilità e qualità dei dati, in un'acquisizione strutturata e in una miglior informazione riguardante la risorsa (UNESCO, 2012). Ci sono però molti vincoli istituzionali e politici che inibiscono un monitoraggio e una comunicazione delle informazioni sulle risorse idriche e sul loro uso. Una buona gestione, quindi, genera dati buoni, mentre una cattiva gestione è spesso una conseguenza di dati scadenti e/o mancanti.

Inoltre,

la maggior parte delle decisioni politiche e di governo, del settore privato e, in generale, della società civile, incidono sull'acqua: per questo è indispensabile

che essi comprendano il ruolo di questa risorsa e che tali informazioni entrino pienamente e consapevolmente in queste decisioni. Importanti strumenti per supportare il processo decisionale sono previsioni e scenari, che consentono una maggiore solidità nel processo decisionale (UNESCO, 2012).

È fondamentale, quindi, ci siano: un miglioramento della gestione delle risorse idriche in tutti i suoi aspetti, un aumento dell'accesso ad acqua potabile sicura e ai servizi igienici di base e la promozione dell'igiene poiché ciò è il potenziale di base per migliorare la qualità della vita di miliardi di individui e sono cruciali per il raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo del Millennio, per ridurre la mortalità infantile, migliorare la salute materna e diminuire le malattie legate a questa preziosa risorsa (UNEP, 2012).

Il 28 luglio 2010 con la risoluzione 64/292, l'Assemblea delle Nazioni Unite, infatti, ha riconosciuto esplicitamente il diritto umano all'acqua e ai servizi igienico-sanitari (Figura 3).



Figura 3. Il diritto umano all'acqua e ai servizi igienico-sanitari (Fonte: www.un.org, 2013).

La risoluzione invita gli stati membri e le organizzazioni internazionali a fornire risorse finanziarie, ad aiutare il rafforzamento delle capacità e il trasferimento di tecnologie per aiutare i paesi, in particolare quelli in via di sviluppo, nella

fornitura di acqua potabile sicura, pulita, accessibile e conveniente e di servizi igienico-sanitari universali (UNGA, 2010).

Uno degli impegni necessari si riflette sulle fonti di acqua potabile che, per natura o mediante intervento attivo, sono protette da contaminazione esterna, in particolare dalla contaminazione di materiale fecale; le sorgenti che rientrano in questa categoria sono (WHO and UNICEF, 2012):

- l'acqua convogliata in abitazione,
- l'acqua convogliata in cortile/appezzamento,
- rubinetto pubblico/fontanelle,
- tubature e pozzi,
- pozzi scavati e protetti,
- raccolta acqua piovana.

I pozzi e le sorgenti non protetti, i venditori d'acqua, piccoli serbatoi, camion-cisterne e le acque superficiali, invece, non sono considerati fonti controllate.

A livello mondiale, l'87% della popolazione beneficia d'acqua potabile proveniente da fonti in cui la qualità dell'acqua è controllata, e la cifra corrispondente nelle regioni in via di sviluppo arriva al 84%; l'accesso è maggiore nelle aree urbane (94%) rispetto alle zone rurali (76%) (WHO and UNICEF, 2010). Tuttavia, è da considerare che queste stime non considerano la qualità (per esempio la fornitura intermittente e la disinfezione) o l'accessibilità del servizio. Inoltre, si deve tenere presente che, data la mancanza di dati affidabili riguardanti le popolazioni umane situate in comunità emarginate (come le baraccopoli), i governi e le agenzie internazionali probabilmente sottostimano significativamente il numero di abitanti delle città privi di una fornitura adeguata d'acqua potabile, e questo numero continuerà ad aumentare a causa della rapida urbanizzazione (UN-Habitat, 2003, 2010).

La conseguenza principale di queste carenze si riversa sulla salute. Le malattie legate all'acqua, a un inadeguato accesso all'acqua potabile e ai servizi igienici di base, sono endemiche in molte regioni. La dissenteria, una delle malattie più frequenti, è tipicamente trasmessa dal consumo di cibo o acqua contaminata con batteri fecali provenienti da persone affette. È un problema globale che uccide oltre 2 milioni di persone all'anno (WHO and UNICEF, 2010) e quasi 1,5

milioni di queste morti sono bambini sotto i cinque anni di età (Black et al., 2010). Inoltre, un milione di persone l'anno muore a causa della malaria, e milioni sono affetti da filariosi, schistosomiasi, vermi intestinali e altre malattie legate all'acqua. Tra le meno comuni ci sono il tifo, il colera e l'epatite A. Molte donne, inoltre, soffrono di danni scheletrici dovuti al trasporto quotidiano di pesanti carichi d'acqua su lunghe distanze.

Le debilità associate all'acqua, quindi, colpiscono i poveri in maniera sproporzionata: è in questo contesto che il potenziale d'accesso a reti idriche e pozzi in cui la qualità dell'acqua è soggetta a controllo, opportune pratiche di gestione e il miglioramento di servizi igienico-sanitari devono essere sviluppati al massimo (UN-Water and FAO, 2007).

1.2 La crisi idrica e i paesi in via di sviluppo

La scarsità d'acqua, definita in termini di accesso all'acqua, colpisce tutti i settori economici e sociali e minaccia la sostenibilità delle risorse naturali.

Ci sono diversi modi per definire la scarsità d'acqua e, generalmente, è detta come "il punto in cui l'impatto di tutti gli utenti incide sulla fornitura o sulla qualità dell'acqua, in base ad accordi istituzionali vigenti, al punto che la richiesta da parte di tutti i settori, compreso l'ambiente, non può essere soddisfatta pienamente" (FAO, 2007; traduzione propria).

Può essere economica e/o fisica e nella figura 4 si possono distinguere le aree del mondo soggette. La scarsità idrica economica è causata dalla mancanza d'investimenti nel settore idrico o dalla incapacità di soddisfare la domanda d'acqua. I sintomi della scarsità economica sono il ridotto sviluppo delle infrastrutture, difficoltà di reperimento dell'acqua sia per uso agricolo che potabile e un'elevata vulnerabilità stagionale (FAO, 2007).

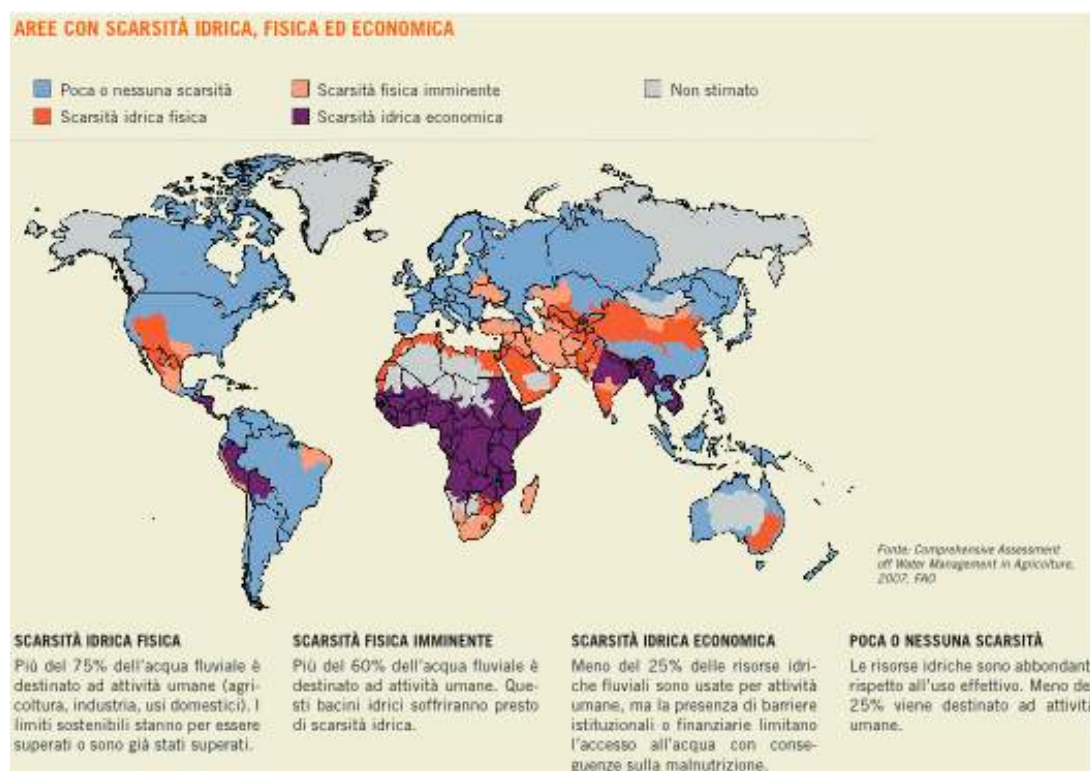


Figura 4. Mappa delle aree del mondo con scarsità idrica. (Fonte: FAO, 2007).

La scarsità idrica fisica, invece, si verifica quando non c'è abbastanza acqua per soddisfare tutte le richieste. Un tipico esempio sono le regioni aride, ma tale fenomeno può verificarsi anche dove abbondanti risorse idriche vengono

sfruttate eccessivamente superando il tasso di rigenerazione naturale. I sintomi della scarsità fisica sono un forte degrado ambientale, una diminuzione delle acque sotterranee e una ripartizione iniqua delle risorse disponibili (FAO, 2007). Attualmente la scarsità d'acqua colpisce tutti i continenti e un importante studio rivela che una persona su tre affronta la carenza idrica. Circa 1,2 miliardi di persone, quasi un quinto della popolazione mondiale, vive in aree di scarsità fisica, e 500 milioni di persone si stanno avvicinando a questa situazione. Altri 1,6 miliardi di persone, quasi un quarto della popolazione mondiale, devono affrontare carenza d'acqua economica (FAO, 2007).

Gli idrologi tipicamente valutano la scarsità osservando il rapporto popolazione-acqua. Una zona vive una situazione di stress idrico quando le forniture d'acqua annuali scendono al di sotto dei 1.700 m³ per persona, ma se calano sotto i 1.000 m³, la popolazione è in condizioni di scarsità d'acqua, e sotto i 500 m³ di "scarsità assoluta".

Alcuni dati che aiutano ad avere un quadro più ampio e dettagliato sulla crisi idrica, si possono riassumere nei seguenti punti (Nazioni Unite):

- Circa 700 milioni di persone, in 43 paesi, soffrono di scarsità idrica.
- Entro il 2025, 1,8 miliardi di persone vivranno in paesi o regioni con assoluta scarsità d'acqua, e due terzi della popolazione mondiale potrebbero vivere in condizioni di stress idrico.
- Con l'attuale scenario dei cambiamenti climatici, quasi la metà della popolazione mondiale si troverà in aree di elevato stress idrico entro il 2030, e tra queste un numero tra 75 e 250 milioni di persone risiedono in Africa. Inoltre, la scarsità d'acqua in alcuni luoghi aridi e semi-aridi allontanerà tra 24 e 700 milioni di persone.
- Il più grande numero di paesi con stress idrico si trova nell'Africa subsahariana.

Inoltre è nelle zone rurali che la carenza idrica colpisce maggiormente le persone. In gran parte del mondo in via di sviluppo, infatti, l'irrigazione rimane il cardine delle economie rurali. Tuttavia, i piccoli contadini costituiscono la maggior parte dei poveri rurali del mondo, e spesso occupano terre marginali e dipendono principalmente dalle piogge per la produzione, ma l'acqua piovana

viene raramente integrata nelle strategie di gestione dell'acqua, che di solito si concentrano esclusivamente sulle acque superficiali e sotterranee. Per questo motivo i paesi dovrebbero integrare pienamente l'acqua piovana nelle loro strategie per affrontare la scarsità (UN-Water and FAO, 2007).

1.2.1 Le risorse idriche in America Latina

L'America Latina è un continente di grandi dimensioni con una varietà di caratteristiche geomorfologiche e climatiche, come ad esempio le terre desertiche lungo le coste occidentali del Perù e del Cile, la catena montuosa andina nella parte occidentale e la foresta amazzonica.

Sono presenti però numerosi problemi riguardanti le risorse idriche, come le inondazioni improvvise in molti fiumi di montagna con forte pendenza, le inondazioni e le alluvioni dei grandi fiumi su vasta scala (ad esempio, il Paraná e il Rio delle Amazzoni), e periodi di scarsità idrica e siccità in altre regioni.

Inoltre, si prevede anche che l'innalzamento del livello del mare possa interessare i piccoli Stati insulari, così come le zone costiere e fluviali, contribuendo al deterioramento della qualità, quantità e disponibilità idrica (CEPAL, 2010).

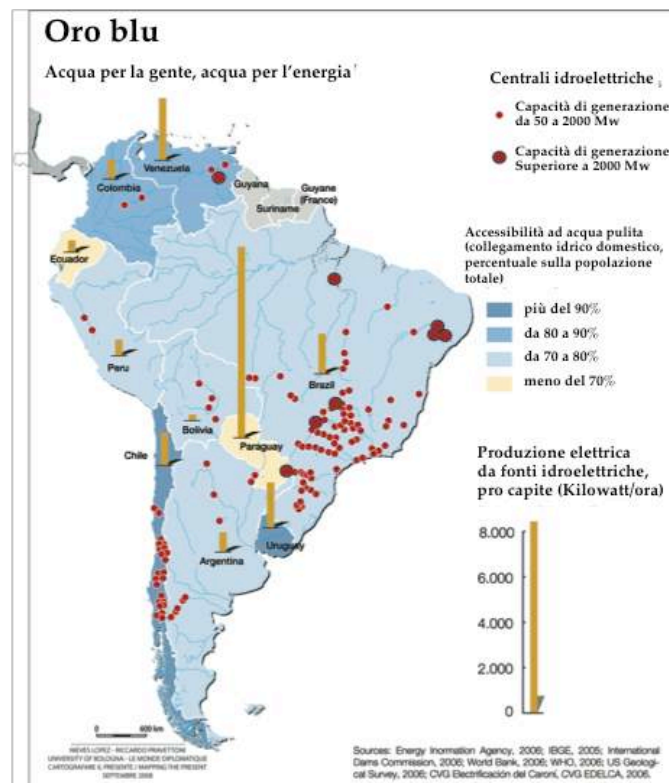


Figura 5. L'acqua in America Latina. (Fonte: EIA, 2006)

Nei paesi dell'America Latina e dei Caraibi c'è una lunga tradizione nella gestione delle risorse idriche. Anche se ci sono marcati contrasti nella sua efficacia tra le due regioni e i vari settori, un fattore comune è il progresso fatto. Tuttavia, non hanno sempre avuto lo stesso ritmo e non hanno ancora portato a un aumento universale nell'efficienza dell'uso dell'acqua o un qualsiasi miglioramento generale nei livelli di qualità della risorsa (UNESCO, 2012).

Le principali questioni presenti nella gestione delle acque di questi paesi non sono cambiate in modo significativo nel recente passato. C'è stata una diffusa incapacità di creare istituzioni in grado di affrontare i problemi di gestione in condizioni di crescente scarsità e conflitto. Le ragioni di questa mancanza di miglioramento sono istituzioni di debole gestione, capacità operativa insufficiente, informalità, assenza di auto-finanziamento e la conseguente dipendenza dal supporto politico fluttuante, e la mancanza d'informazioni affidabili nella maggior parte delle aree, come sulla risorsa stessa e i suoi usi, sugli utenti e sulle esigenze future.

La gestione delle acque in America Latina e nei Caraibi riguarda non solo le questioni direttamente legate al settore idrico, ma anche i fattori esterni che influenzano sia la gestione che la risorsa stessa, inclusi gli eventi economici, come la modifica delle politiche nazionali, le crisi finanziarie internazionali (come quella nel 2008-2009) e l'instabilità politica.

A questi vanno ad aggiungersi i fattori demografici: si tratta della regione in via di sviluppo più urbanizzata del mondo, con più del 80% della popolazione localizzata nelle aree urbane (CEPAL, 2010). La popolazione urbana, infatti, è triplicata negli ultimi 40 anni, in alcuni paesi si ha una forte concentrazione in una o due grandi città (UNEP, 2010) e tutto ciò comporterà una richiesta d'acqua sempre maggiore e concentrata in poche zone. I cambiamenti economici e sociali, infatti, hanno ovvie conseguenze per l'uso dell'acqua e delle esigenze imposte alla risorsa.

La disponibilità media annua d'acqua pro capite nella regione ammonta a circa 7.200 m³ (UNEP, 2010), ma nell'America Latina continentale, la domanda globale sulle risorse idriche rimane bassa e concentrata geograficamente. I prelievi sono circa l'1% dell'acqua disponibile (CEPAL, 2010), tuttavia non

sempre i luoghi di maggior concentrazione della popolazione coincidono con le fonti idriche.

I rischi e le incertezze più rilevanti nella gestione dell'acqua in queste regioni derivano probabilmente da:

- L'impatto degli eventi economici mondiali;
- La continua crescita dell'uso idrico domestico, dovuto alla crescente urbanizzazione e all'aumento del tenore di vita;
- La conseguente necessità di migliorare la qualità e ampliare la fornitura d'acqua e dei servizi igienico-sanitari, in particolare per le aree urbane e periurbane;
- Gli impatti dei cambiamenti climatici, in particolare su eventi estremi che influenzano l'acqua.

L'efficacia di miglioramento della gestione di risorse idriche, servizi, infrastrutture, investimenti associati, pertinente legislazione e organizzazione, sono particolarmente dipendenti dalle politiche macroeconomiche e dall'ambiente che queste creano poiché "la politica macroeconomica ha un'influenza pervasiva sulla struttura di incentivi e prestazioni nell'intero settore idrico" (Donoso e Melo, 2004).

La crescita economica continua nella regione e allo stesso tempo aumenta la domanda globale per le sue miniere, agricoltura, risorse energetiche e, di conseguenza, domanda idrica.

Il bilancio attuale e le future esigenze idriche tra gli usi concorrenti (compresi gli ecosistemi e i loro servizi), infatti, diventeranno un problema. La domanda internazionale ha portato a un aumento del 56% dell'estrazione di minerali in questi ultimi anni, e nonostante l'attuale rallentamento dell'economia globale, potrà espandersi. Le conseguenze di tale attività sulle risorse idriche sono i notevoli volumi d'acqua consumati e i rifiuti tossici e gli effluenti che possono giungere ai corpi idrici. Questa è una delle principali fonti d'inquinamento delle acque, oltre al fatto che comportano gravi rischi per la salute e la sicurezza delle popolazioni locali (Miranda and Sauer, 2010).

Nel complesso, la regione sta operando bene sulle fonti soggette al controllo della qualità dell'acqua e sui servizi igienici per i suoi centri urbani, ma non

altrettanto per le popolazioni rurali. Tuttavia, molte città hanno ancora un approvvigionamento d'acqua potabile e reti fognarie inferiori agli standard.

Negli ultimi due decenni si è registrato un lento ma costante aumento, nella maggior parte dei paesi dell'America Latina e dei Caraibi, sia per quanto riguarda l'approvvigionamento idrico che per i servizi igienico-sanitari. Entro il 2008, la fornitura d'acqua potabile controllata era disponibile per il 97% della popolazione urbana e per l'80% della popolazione rurale, mentre i servizi igienico-sanitari coprivano l'86% e il 55%, rispettivamente (WHO and UNICEF 2010).

Nonostante la copertura raggiunga buone percentuali, ci sono variazioni rilevanti nella qualità dei servizi. "In molti paesi, la fornitura d'acqua e dei servizi igienico-sanitari è afflitta da un circolo vizioso di bassa qualità: l'ingerenza politica, la cattiva gestione e le tariffe basse tendono a produrre servizi mediocri; a queste si aggiunge la scarsa manutenzione che causa interruzioni nella fornitura e bassa pressione, provocando contaminazione all'interno del sistema o il rilascio di acque reflue non trattate provenienti da impianti di depurazione" (Corrales, 2004).

Si stima che quasi 40 milioni di persone non hanno ancora un accesso minimo all'acqua sicura, e circa 120 milioni ai servizi igienico-sanitari (UNEP, 2010). La gente si trova così costretta ad adottare soluzioni alternative, come fonti pubbliche, pozzi privati, spillatura illegale dalla rete idrica, raccolta d'acqua piovana o da corpi idrici senza un alcun trattamento (CEPAL, 2004). In alcune zone, il costo dell'acqua è in aumento a causa della fornitura di servizi inefficienti, della crescente domanda e delle questioni di accessibilità sempre più intrattabili. Spesso, le persone più povere e più vulnerabili pagano di più per l'acqua, in quanto dipendono dalle autobotti che forniscono un servizio ad alto costo e spesso di bassa qualità (UNEP, 2010).

Inoltre, si stima che, nella migliore delle ipotesi, solo il 28% delle acque reflue viene trattato prima dello scarico, con conseguente grave contaminazione dei corsi d'acqua, tra cui il mare, causata sia dagli scarichi delle acque reflue e industriali che dalle aree urbane (Lentini, 2008).

La regione ha una grande carenza nel controllo dell'inquinamento delle acque e superare questo implica l'implementazione di accordi istituzionali di successo per la definizione di standard, la creazione di meccanismi di controllo e d'ispezione, e la mobilitazione di ingenti risorse finanziarie (UNESCO, 2012). Il fallimento è evidente nel caso dell'inquinamento da scarichi d'acque reflue urbane in cui solo una piccola parte sono trattate ed è difficile porre l'accento sul trattamento dei rifiuti, quando così tante persone non hanno un collegamento a sistemi fognari. Allo stesso modo, si è dimostrato difficile imporre controlli in materia d'inquinamento industriale, in particolare sulle piccole e medie industrie con bassi livelli di sviluppo tecnologico.

La sfida più grande per la gestione delle acque in queste regioni, quindi, è continuare a migliorare la *governance* globale (Comunidad Andina de Naciones, 2010); ciò richiede accordi istituzionali per la protezione efficace dell'interesse pubblico; la definizione e l'applicazione dei diritti dell'uso dell'acqua e dei permessi di scarico; la definizione di norme, meccanismi di controllo e d'ispezione, e la mobilitazione d'ingenti risorse finanziarie.

In pratica, tutti i paesi hanno riformato il settore della fornitura d'acqua e dei servizi igienico-sanitari, facendo particolare attenzione a (UNESCO, 2012):

- separazione istituzionale delle funzioni di definizione delle politiche, regolamentazione settoriale economica e prestazione di servizi;
- estensione del processo di decentramento;
- interesse per la partecipazione dei privati, anche se questa tendenza si è poi invertita con l'uscita di grandi operatori privati internazionali da parte dei paesi e la rinazionalizzazione di molti servizi;
- formulazione di quadri normativi specifici;
- richiesta che i servizi si auto-finanzino e che gli accordi di sovvenzione devono essere impostati per i gruppi a basso reddito.

Purtroppo però, in molti casi, le riforme non sono riuscite a tenere conto delle limitazioni strutturali delle economie nazionali oltre che i principi dell'interesse pubblico e l'economia di fornitura dei servizi non hanno soddisfatto le aspettative. Per quanto riguarda, invece, la partecipazione del settore privato, l'esperienza regionale indica che non è la formula migliore per affrontare i

molteplici problemi che riguardano la fornitura d'acqua potabile e dei servizi igienico-sanitari (UNESCO, 2012).

Inoltre, non è sufficiente che ci siano delle proposte di riforma provenienti solo da pareri esperti perché è essenziale che tutte le proposte abbiano il più ampio sostegno pubblico, se si calcola che la riforma dev'essere al centro dell'agenda politica. Gli esperti del settore possono informare il processo sulla direzione da seguire, ma se non esiste un consenso pubblico, non si potrà operare per il cambiamento e ogni proposta di riforma, o addirittura di normativa, non potrà mai produrre risultati. La sfida, infatti, è di aprire la gestione delle acque alla società: solo così il settore idrico potrà continuare a dare contributi sostenibili per il miglioramento della collettività in tutti i paesi della regione (UNESCO, 2012).

1.3 La crisi idrica e la cooperazione internazionale a livello mondiale

Il compito principale, che la comunità internazionale si trova ad affrontare oggi nel campo delle risorse idriche, è il passaggio dagli obblighi presi alle azioni concrete che devono essere attuate per il beneficio del popolo, degli ecosistemi e della biosfera nel suo insieme. Studiare le opportunità di cooperazione nella gestione delle acque e migliorare la comprensione delle sfide e dei benefici della cooperazione idrica può aiutare a costruire il rispetto reciproco, la comprensione e la fiducia tra i paesi e a promuovere la pace, la sicurezza e lo sviluppo economico sostenibile (UNESCO, UNDP e OCSE, 2011).

Le problematiche relative alla gestione delle risorse idriche devono essere indirizzate adeguatamente ai livelli locali, nazionali, regionali e internazionale. Tutti gli *stakeholders*, compresi i governi, le organizzazioni internazionali, il settore privato, la società civile e il mondo accademico dovrebbero essere impegnati in questo campo, prestando particolare attenzione alle condizioni di vita dei poveri e dei più vulnerabili. Inoltre, le scelte di gestione devono essere coerenti con le altre politiche di governo e viceversa; il tutto mentre le decisioni sociali, politiche ed economiche devono essere prese per cercare di bilanciare e distribuire equamente la ripartizione delle risorse naturali, tenendo conto dei limiti biofisici dell'ambiente (UN-Water, 2011).

La volontà e l'impegno politici devono essere indirizzati a risolvere i problemi idrici in tutto il mondo. Altrettanto importanti sono la lungimiranza e la volontà di prendere in considerazione metodi innovativi per avvicinare la cooperazione locale, regionale e internazionale. Una discussione aperta sulle problematiche della modellizzazione delle risorse idriche e sulla forte partecipazione dei cittadini al processo decisionale (elemento chiave per promuovere il buon governo e un clima di responsabilità e di trasparenza) può stimolare un'azione di cooperazione e d'impegno politico. Promuovere una cultura della consultazione e dell'aumento delle capacità partecipative contribuirà a offrire vantaggi in tutti i settori, compresa una gestione collaborativa dell'acqua (UN-Water, 2011).

La storia ha spesso dimostrato che la natura vitale delle acque dolci è un potente incentivo per la cooperazione e il dialogo, convincendo gli *stakeholders* a conciliare anche le opinioni più divergenti. Fortunatamente, il pianeta ha le risorse idriche sufficienti per fornire la “sicurezza idrica” per tutti, ma questo può diventare realtà solo se si cambiano gli approcci concettuali alla gestione (UNESCO, UNDP e OCSE, 2011).

L'acqua è fondamentale per lo sviluppo sostenibile: ha valore dal punto di vista sociale, economico e ambientale e deve essere gestita all'interno di un quadro socio-economico e ambientale solido e integrato poiché è impossibile mantenere l'integrità di un ecosistema equilibrato, senza una strategia globale in materia di gestione delle risorse idriche.

L'acqua, inoltre, contribuisce alla riduzione della povertà in molti modi: attraverso i servizi igienico-sanitari, l'approvvigionamento idrico, etc. Un'acqua di quantità e qualità appropriate può migliorare la salute e, se utilizzata al momento giusto, può aumentare, ad esempio, la produttività dei terreni e il lavoro. Il raggiungimento di questi obiettivi è realizzabile e costerebbe molto meno di dover fornire la necessaria assistenza sanitaria per curare persone affette da malattie prevenibili, causate da scarsa acqua e servizi igienico-sanitari non adeguati. Ogni governo responsabile dovrebbe fornire un quadro normativo solido e una struttura di attuazione per gestire l'uso delle sue risorse idriche (UNESCO, UNDP e OCSE, 2011).

1.3.1 La cooperazione internazionale in Ecuador

La Segreteria Tecnica della Cooperazione Internazionale (SETECI) è l'ente pubblico responsabile di negoziare, gestire e coordinare la cooperazione internazionale non rimborsabile che l'Ecuador contratta con altri governi. Dal 5 luglio 2011, con il Decreto Esecutivo 812, la Segreteria Tecnica per la Cooperazione Internazionale è un'istituzione collegata al Ministero degli Affari Esteri, Commercio e Integrazione, con gestione tecnica, amministrativa e finanziaria propria.

In termini di cooperazione internazionale, dopo l'adesione dell'Ecuador alla Dichiarazione di Parigi del 2009, il Paese si sta muovendo verso l'attuazione e la

contestualizzazione dei principi guida, creando le condizioni per una gestione sovrana della cooperazione (SETECI, 2011).

La richiesta di un nuovo sistema di *governance* per la cooperazione internazionale è ricorrente nei dibattiti e forum di discussione guidati da un gruppo di paesi chiamati di "reddito medio" (PRM).

Secondo la Banca Mondiale, il PRM sono i paesi con reddito medio pro capite inferiore ai 12.275 \$. Questi sono suddivisi in Paesi Reddito Medio Alto (PRMA), il cui PIL pro capite varia da 3.976 e 12.275 \$ e Paesi a Reddito Medio Basso (PRMB), il cui reddito pro capite varia da 1.006 e 3.975 \$. I Paesi a Reddito Basso (PRB), invece, sono quelli con livelli di reddito pro capite inferiore a 1.005 \$.

Circa il 47% dei membri dell'Organizzazione delle Nazioni Unite (ONU) appartiene alla categoria PRM e quasi tutti i paesi latino-americani sarebbero in questa condizione, tra cui l'Ecuador. Questa classificazione giustificherebbe il fatto che i paesi industrializzati indirizzano i loro interessi e fondi ai paesi a basso reddito, pensando che i PRM siano in condizioni migliori di sviluppo e, quindi, abbiano minori necessità.

Alcune agenzie, come la CEPAL¹, confermano che, a causa del calo registrato nel livello di attività economica nei paesi donatori, molti paesi della regione hanno visto una diminuzione del flusso di cooperazione che viene dirottato verso le zone in conflitto o con un reddito pro capite basso.

Dal 2003, si osserva chiaramente una tendenza decrescente nella partecipazione dell'America Latina e dei Caraibi rispetto alle erogazioni globali; infatti, mentre nel 1996 le risorse finanziarie hanno rappresentato il 15% del totale, nel 2009 solo l'8% (SETECI, 2011).

Il Paese, in coordinamento con i suoi collaboratori regionali, ha bisogno di costruire un nuovo sistema di *governance* della cooperazione internazionale, che riconosca il contributo dei paesi della regione allo sviluppo globale.

¹ La CEPAL è una Commissione Regionale delle Nazioni Unite istituita per favorire la cooperazione economica nell'America Latina e nei Caraibi.

In questo senso, dal 2010, la Segreteria Tecnica ha avviato la definizione di linee guida al fine di costruire delle collaborazioni strategiche tra il Paese e la cooperazione internazionale.

La pubblicazione del Codice di Pianificazione e Finanze pubbliche nella Gazzetta Ufficiale n° 306 del 22 ottobre 2010, consolida i principali cambiamenti nella gestione pubblica avviati con l'approvazione della Costituzione della Repubblica dell'Ecuador. Il Codice riafferma il ruolo dello Stato come principale attore responsabile per la pianificazione dello sviluppo nazionale. Il consolidamento della normativa in un unico codice termina la dispersione esistente, stabilendo meccanismi e strumenti di coordinamento intesi a garantire la sostenibilità e una gestione efficiente.

In questo contesto, la cooperazione internazionale non rimborsabile² (CINR) rafforza il suo ruolo complementare agli sforzi di sviluppo del governo, inquadrato sui principi di piena sovranità, indipendenza, uguaglianza giuridica degli Stati, convivenza pacifica, autodeterminazione dei popoli, trasparenza, equità, rispetto dei diritti umani e direzionati al processo d'integrazione latino-americana e caraibica.

L'introduzione della cooperazione nel quadro della politica di pianificazione e di finanza pubblica, chiarisce le procedure e fornisce gli strumenti per una maggiore trasparenza nella gestione delle risorse. Allo stesso modo, pone le basi per il processo di decentramento delle competenze in materia di cooperazione ai governi autonomi decentralizzati dell'Ecuador (GADs). Infatti, in conformità con il mandato costituzionale, trasferisce la competenza per gestire la Cooperazione Internazionale Non Rimborsabile ai GADs nell'ambito delle proprie competenze e territori.

La figura 6 illustra le modalità di questo tipo di cooperazione (SECI).

² Per cooperazione finanziaria non rimborsabile s'intendono l'assistenza tecnica e i progetti a dono; mentre per cooperazione finanziaria rimborsabile, i prestiti a tassi agevolati.

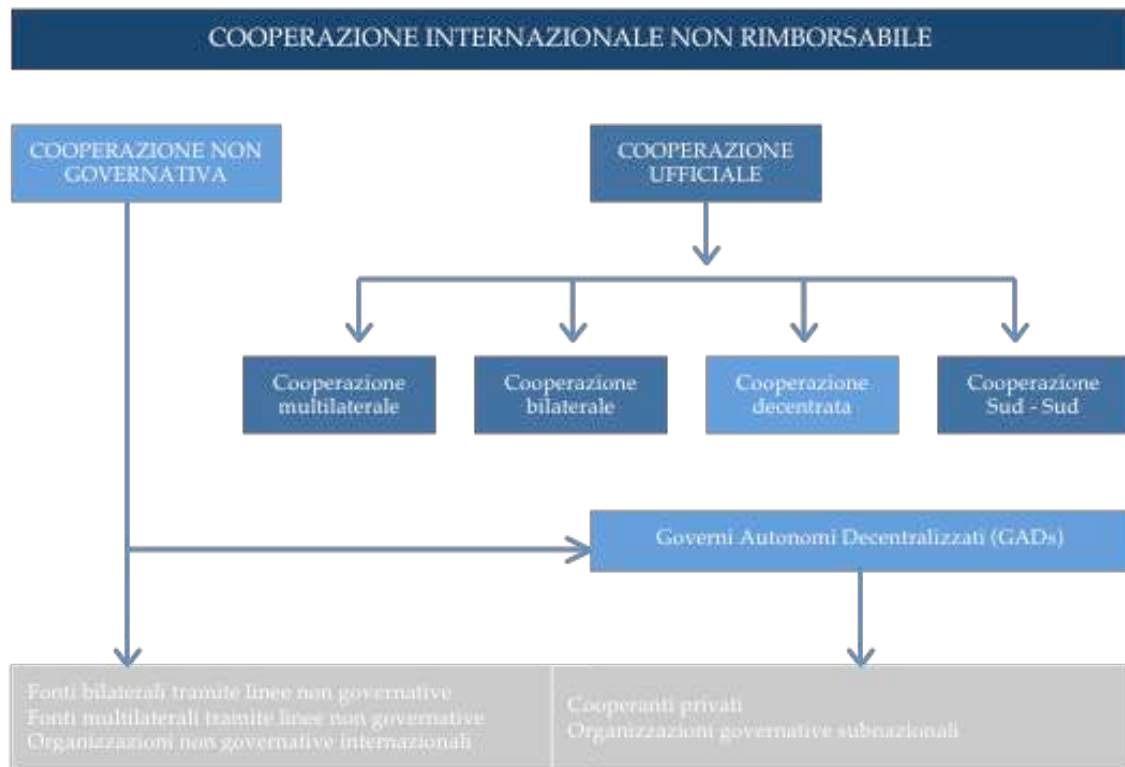


Figura 6. Inserimento della cooperazione decentrata nella struttura del SECI. (Fonte: SETECL, 2011)

La cooperazione internazionale non rimborsabile nel Paese è stata relativamente stabile, con un trend di crescita, secondo l'Organizzazione per la Cooperazione e lo Sviluppo Economico. È dagli anni Sessanta che viene registrata la cooperazione nel Paese, ma è dagli anni Ottanta che si può notare una maggiore erogazione di risorse, e in particolare nel periodo post -dollarizzazione (Figura 7).

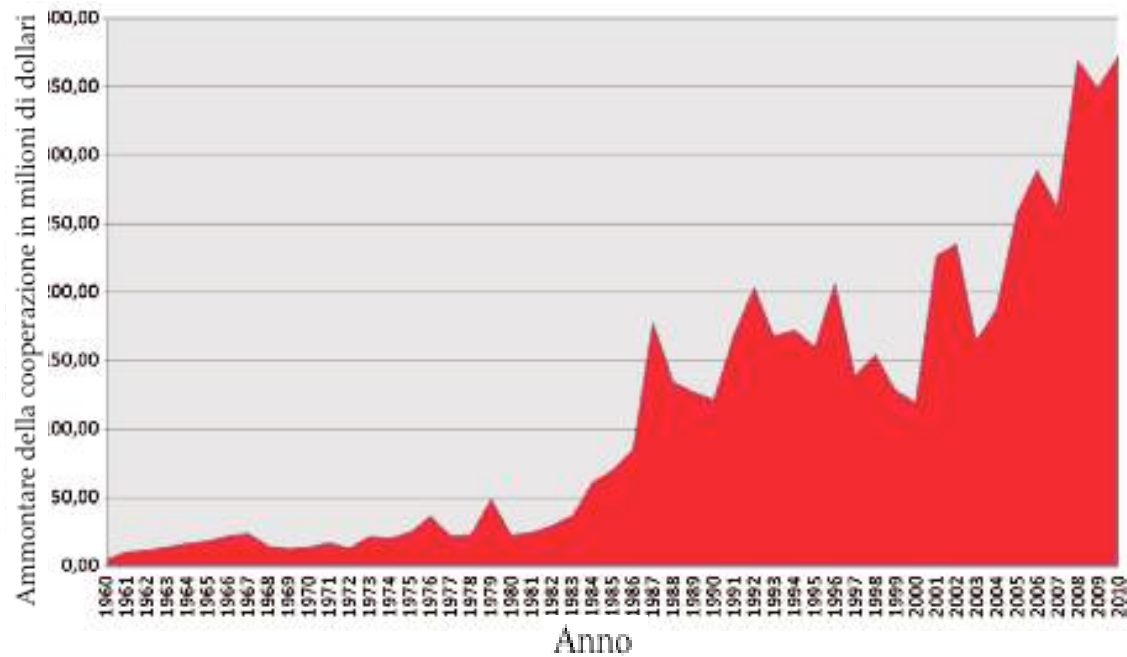


Figura 7. Andamento della cooperazione internazionale in milioni di dollari dal 1960 al 2010. (Fonte: OCSE, INEC, SETECI, 2011)

In termini macroeconomici, la cooperazione internazionale non rimborsabile in Ecuador è marginale, nel senso che non rappresenta grandi quantità di risorse in relazione al prodotto interno lordo (PIL) o alla spesa e agli investimenti pubblici nazionali. Tuttavia, si è potuto determinare un livello di correlazione con queste variabili, anche se secondo la Costituzione, la cooperazione internazionale è parte degli investimenti pubblici, e deve essere allineata con gli obiettivi, politiche e scopi del Piano nazionale del *Buen Viver*.

Se si analizza la CINR in Ecuador divisa per settori d'intervento (Figura 8) si può notare che nel 2010, lo sviluppo sociale ha ricevuto maggior rilevanza, con 81,5 milioni di dollari che rappresentano il 22% del totale, e 284 progetti, seguito dall'educazione con 57,7 milioni di dollari, raggiungendo il 16% di partecipazione e 139 progetti, e dall'ambiente con 53 milioni di dollari, pari al 14% e 228 progetti. Tra questi tre settori si concentra il 52% del totale delle risorse disponibili e viene finanziato il 49% del totale dei progetti (SETECI, 2011).

Settore d'intervento	n. progetti	% partecipazione in progetti	Importo erogato nel 2010 (in dollari)	% partecipazione in importi
Sviluppo sociale	284	21,40%	81.508.539,08 \$	21,87%
Educazione	139	10,47%	57.709.857,22 \$	15,48%
Ambiente	228	17,18%	53.002.993,43 \$	14,22%
Salute	103	7,76%	28.985.223,14 \$	7,78%
Commercio estero, industrializzazione, pesca e competitività	20	1,51%	27.382.971,49 \$	7,35%
Sostegno alla produzione	158	11,91%	26.233.759,03 \$	7,04%
Agricoltura e allevamento	86	6,48%	22.087.513,50 \$	5,93%
Risorse naturali ed energia	11	0,83%	12.693.899,82 \$	3,41%
Amministrativo	41	3,09%	9.052.127,94 \$	2,43%
Sviluppo urbano e abitazioni	27	2,03%	8.694.115,31 \$	2,33%
Protezione dell'ambiente e dei disastri naturali	10	0,75%	5.785.638,94 \$	1,55%
Migrazione	4	0,30%	4.852.868,37 \$	1,30%
Profughi	13	0,98%	4.235.074,18 \$	1,14%
Giustizia e sicurezza	15	1,13%	4.053.169,49 \$	1,09%
Gestione del rischio	24	1,81%	3.882.230,87 \$	1,04%
Multisettoriale	19	1,43%	3.693.461,24 \$	0,99%
Affari interni	13	0,98%	3.055.435,11 \$	0,82%
Finanze	9	0,68%	2.827.892,25 \$	0,76%
Cultura	13	0,98%	2.777.961,35 \$	0,75%
Turismo	18	1,36%	1.660.608,76 \$	0,45%
Cooperazione al commercio	3	0,23%	1.535.593,92 \$	0,41%
Genere	11	0,83%	1.109.726,40 \$	0,30%
Sviluppo rurale	11	0,83%	1.082.067,22 \$	0,29%
Scienza e tecnologia	15	1,13%	865.603,64 \$	0,23%
Sicurezza alimentare	4	0,30%	835.444,60 \$	0,22%
Comunicazione	9	0,68%	807.852,68 \$	0,22%
Igiene ambientale	5	0,38%	685.217,47 \$	0,18%
Legislativo	7	0,53%	412.052,42 \$	0,11%
Organizzazione e territorio	8	0,60%	277.386,91 \$	0,07%
Affari esteri	4	0,30%	236.195,37 \$	0,06%
Sicurezza interna ed esterna	2	0,15%	166.300,79 \$	0,04%
Sviluppo produttivo	3	0,23%	164.963,40 \$	0,04%
Settori strategici	3	0,23%	125.923,50 \$	0,03%
Sviluppo della ricerca scientifica	2	0,15%	125.609,78 \$	0,03%
Patrimonio	1	0,08%	58.800,00 \$	0,02%
Istruzione superiore	2	0,15%	28.992,68 \$	0,01%
Sportivo	1	0,08%	17.205,00 \$	0,00%
Sviluppo sostenibile	1	0,08%	16.700,00 \$	0,00%
Totale generale	1327	100,00%	372.726.976,30 \$	100,00%

Figura 8. La cooperazione internazionale non rimborsabile, divisa per settore d'intervento. (Fonte: SETECI, 2011)

Concentrandoci ora sul settore ambientale, i dati di progetto e/o programmi mostrano che il 49% è realizzato con la CINR/assistenza tecnica e il 37% con risorse finanziarie non rimborsabili. In questo settore, gli Stati Uniti e Regno Unito sono i donatori che hanno la più alta incidenza, con un totale di 123 progetti in tutto l'Ecuador. La maggior parte degli interventi è convogliata attraverso le ONG internazionali, raggiungendo il 72% del totale (SETECI,

2011). Gli importi erogati destinati all'ambiente segnalano che il 52% si attua attraverso le risorse finanziarie non rimborsabili e il 25% dall'assistenza tecnica. In questo settore, la Germania e il Giappone sono i donatori che hanno contribuito maggiormente con un totale di 21,74 milioni di dollari (SETECI, 2011).

Per quanto riguarda i principali paesi e gli enti cooperanti della CINR per l'Ecuador, la Commissione Europea è il cooperante che investe più risorse, registrando un totale di 63,33 milioni di dollari nel 2010, pari al 17% del totale con 52 progetti (SETECI, 2011). In particolare, l'Italia investe nei settori produttivo e dello sviluppo sociale, con un totale di 57 progetti in tutto l'Ecuador, e le risorse finanziarie, invece, sono indirizzate maggiormente alla produzione e ai settori agricoli con un totale di 7,01 milioni di dollari (SETECI, 2011).

Nella figura 9, si può vedere la distribuzione del capitale finanziario diviso per province: le zone in blu/viola scuro sono le maggiori destinatarie di finanziamenti della cooperazione internazionale, e tra queste è presente anche l'arcipelago delle Galápagos.



Figura 9. Distribuzione del capitale finanziario della cooperazione internazionale in Ecuador, diviso per province. (Fonte: SETECI, 2011)

È importante ricordare anche le organizzazioni non governative senza scopo di lucro, che nel 2010 hanno avviato un totale di 639 progetti e 86,84 milioni di dollari investiti, occupando il primo posto con il 48,2% dei progetti vigenti nel 2010 (SETECI, 2011).

1.3.2 La cooperazione internazionale in Galápagos

I dati mostrano che il 41% dei progetti e/o programmi destinati all'arcipelago delle Galápagos, sono realizzati con l'assistenza tecnica e il 34% con la cooperazione finanziaria non rimborsabile/assistenza tecnica. I cooperanti che incidono maggiormente sono gli Stati Uniti con un totale di 35 progetti (SETECI, 2011). Per quanto riguarda, invece, la distribuzione settoriale, l'ambiente è il maggior ricevente con 12,67 milioni di dollari, seguito da risorse naturali ed energia, con 10,80 milioni di dollari (SETECI, 2011).

Per quanto riguarda la cooperazione di ONG, nel 2010 sono stati avviati 38 progetti per un totale di 3,3 milioni di dollari, equivalenti al 2,8% del totale erogato e il 3% rispetto al totale dei progetti promossi dalle ONG straniere in Ecuador e, in particolare, il *Canton*³ di Santa Cruz ha ricevuto la maggior quantità di risorse finanziarie (37%) da parte delle ONG straniere (SETECI, 2011).

A livello di organizzazioni internazionali, le più attivamente coinvolte nella cooperazione nell'Arcipelago sono *World Wildlife Fund* (WWF), *Charles Darwin Foundation*, *Ecology Project International* (EPI), *Japan International Cooperation Agency* (JICA), *The Nature Conservancy*, *Prince Charles's Foundation*, *Galápagos Conservation Trust*, Cooperazione tecnica tedesca (GTZ). Numerosi sono anche i progetti delle università straniere. Uno dei più importanti è il progetto finalizzato allo studio del funzionamento dell'idrogeologia nell'arcipelago delle Galápagos (2008) e il progetto dell'Università La Sapienza di Roma, che ha partecipato con un progetto di cooperazione italiana e dell'UNDP, nel 2002 con il titolo "Rafforzamento Istituzionale e integrazione sistemica allo sviluppo

³ Un *Canton* è un'entità territoriale di carattere subnazionale, con gestione politica-amministrativa e comporta un governo locale con un certo grado di autonomia. L'Ecuador è diviso in 24 province, a loro volta divise in *Cantones*, che si suddividono ulteriormente in parrocchie, classificate in urbane e rurali. La provincia di Galápagos è divisa in 3 *Cantones*: Isabela, San Cristobal e Santa Cruz.

sostenibile e conservazione della biodiversità in Galápagos”, finanziato da Ministero degli Affari Esteri italiano, implementato da UNDP. Il progetto prevedeva lo sviluppo di un Sistema di Supporto alla Decisione per la gestione sostenibile delle risorse naturali del sistema Galápagos ed è stato svolto in collaborazione con Università “La Sapienza” di Roma e come controparte locale l’*Instituto Nacional Galápagos (INGALA)*⁴.

Le azioni di queste organizzazioni sono molteplici e in differenti campi, anche se sono prevalentemente focalizzate sulla conservazione e sulla protezione della natura.

Il WWF, ad esempio, ha giocato per più di cinquant’anni un ruolo fondamentale nel proteggere la natura in Galápagos. Conduce azioni di conservazione sia delle specie, come le famose iguane marine (*Amblyrhynchus cristatus*), gli albatros (*Phoebastria irrorata*) e le tartarughe giganti (*Chelonoidis nigra*), sia in senso più ampio, come il finanziamento per la costruzione della stazione di ricerca Charles Darwin (WWF, 2013).

Dal 2007, il WWF ha finanziato borse di studio per studenti meritevoli galapaghegni per perseguire la formazione nella gestione ambientale, turismo e amministrazione aziendale. Formare la prossima generazione di esperti nella conservazione è importante per degli obiettivi a lungo termine.

Azioni del WWF nell’arcipelago delle Galápagos riguardano il turismo, come strumento per la conservazione e la promozione dello sviluppo sostenibile, e la pesca sostenibile.

La *Charles Darwin Foundation* è un’organizzazione scientifica internazionale no-profit e lavora alle Galápagos dal 1959 in accordo con il Governo dell’Ecuador, con la missione di fornire assistenza scientifica per garantire la conservazione dell’Arcipelago. Più di un centinaio di scienziati, educatori, assistenti di ricerca e volontari da tutte le parti del mondo contribuiscono a questo sforzo.

Un’organizzazione spesso operante sul territorio insulare è l’EPI (*Ecology Project International*), con lo scopo di proteggere la fauna selvatica delle Galápagos.

⁴ Questo progetto non è mai stato concluso e non ha prodotto documenti utili per la gestione delle risorse naturali delle Galápagos.

Protagonista di un impegno pluriennale nelle Galápagos, è anche la JICA (*Japan International Cooperation Agency*), che ha lavorato dal 2004 su un progetto quinquennale per aiutare a proteggere le 70.000 miglia quadrate di riserva marina. L'Agenzia giapponese, in collaborazione con i tecnici del Parco Nazionale delle Galápagos, ha studiato anche i livelli di contaminazione e ha collaborato all'educazione delle comunità locali, inclusi i pescatori, sull'importanza della conservazione ambientale e incoraggiandoli a migliorare i loro standard di vita, avviando nuove iniziative, come l'ecoturismo.

Di una certa rilevanza è anche la presenza di *Sea Sheperd* che dal 2000 è presente nelle isole con diverse attività e, in particolare, è impegnata nel pattugliamento dell'area marina per fermare la pesca illegale. Dal 2006 ha aperto ufficialmente un ufficio a Puerto Ayora (Santa Cruz) e collabora strettamente con il Parco Nazionale delle Galápagos.

Come si può capire, da questa breve esposizione, la presenza straniera nell'Arcipelago è elevata e il campo di operazione principale è la conservazione ecologica.

Nell'ambito della cooperazione internazionale, nel 2011 l'Università Ca' Foscari di Venezia ha iniziato il progetto, "Tutela della salute e prevenzione dai rischi d'inquinamento antropico" nell'ambito della cooperazione decentrata allo Sviluppo della Regione Veneto, finanziatrice del progetto.

L'obiettivo principale del progetto è favorire lo sviluppo sostenibile dell'arcipelago delle Galápagos, in particolare dell'isola di Santa Cruz, cercando di soddisfare i bisogni primari della popolazione, equilibrandoli con la crescita economica e sociale, favorendo la tutela delle condizioni igienico-sanitarie, della salute pubblica e la preservazione dell'area naturale.

Al fine di permettere un'analisi sufficientemente approfondita e rappresentativa delle dinamiche territoriali in atto, si è scelto di limitare il campo d'indagine, concentrando l'attenzione su una specifica isola dell'intero Arcipelago.

La scelta dell'isola di Santa Cruz, come sistema di riferimento, trova le sue ragioni in relazione al fatto che l'area è da tempo oggetto della cooperazione internazionale perché sede della stazione di ricerca Charles Darwin e del Parco

Nazionale delle Galápagos; inoltre, è l'isola con maggiori problemi di gestione delle risorse idriche, dovuti alla scarsità della risorsa e al crescente fabbisogno umano, legato alla recente e cospicua antropizzazione.

Il primo dato di rilievo emerso dall'analisi è costituito dall'abbondanza e dalla varietà delle iniziative intraprese dalle cooperazioni internazionali, che hanno reso la gestione della *res* pubblica, dipendente dalle consulenze straniere. È emersa anche l'esigenza di coordinare l'azione delle istituzioni presenti e operanti sull'isola al fine di favorire una gestione più efficiente ed efficace.

Il quadro interpretativo che ne consegue è di una realtà fortemente frammentata: il focus si pone sul grado di autonomia dei territori e delle popolazioni locali nei confronti della presenza straniera e la capacità di coordinamento da parte dei diversi attori coinvolti.

L'osservazione delle politiche di sviluppo locale mostra che esiste un divario tra il principio del decentramento dello sviluppo e l'effettiva disposizione da parte degli attori della cooperazione a delegare ai soggetti locali quote rilevanti di potere nell'azione territoriale. Le iniziative conseguenti possono così dar luogo a dinamiche prive di regia, nelle quali i progetti di sviluppo, ignorando la realtà locale, si sovrappongono ad altri simili o possono seguire la linea e idea del finanziatore. Questo porta i destinatari locali a svolgere un ruolo secondario e a volte difensivo.

L'operato della cooperazione internazionale è spesso focalizzato sulla propria progettualità, non interagendo in maniera proficua con gli attori del territorio. I propositi sono nobili, ma spesso fini a se stessi e incapaci di interagire efficacemente ed efficientemente con la realtà isolana.

Fondamentale è stata, infatti, la stretta e affiatata collaborazione con l'amministrazione locale ospitante, la Municipalità Autonoma Decentrata di Santa Cruz (GADSMC) per permettere loro di porre delle basi per uno sviluppo futuro e autonomo nella gestione delle problematiche dell'isola, in particolare legate all'inquinamento idrico.

2. CONTESTO: SANTA CRUZ, GALÁPAGOS (ECUADOR)

La ricerca e la comprensione delle relazioni tra le comunità umane e gli ecosistemi permettono d'interpretare più chiaramente gli impatti antropici sull'ambiente; pertanto è necessario inquadrare l'area di studio considerando gli aspetti geografici, ecosistemici e legislativi. Il seguente capitolo si divide in due parti. Una prima parte dove sarà analizzata la normativa nazionale in materia ambientale e la legge speciale per le Galápagos. Nella seconda parte, sarà analizzato e descritto il sistema territoriale dell'isola di Santa Cruz, con particolare riferimento agli aspetti inerenti alle risorse idriche.

Si deve precisare che, per la carenza di studi e ricerche in tale ambito, alcune informazioni riportate derivano dall'esperienza sul campo.

2.1 L'Ecuador

L'Ecuador è situato nella parte nordorientale dell'America Latina; confina a nord con la Colombia, a est e a sud con il Perù e a ovest con l'oceano Pacifico. La superficie totale del Paese, incluse le isole Galápagos, è di 283.561 km² (CIA World Factbook, 2013).

La Cordigliera delle Ande divide naturalmente il territorio continentale in tre regioni bio-geografiche (la Costa, la Sierra e l'Amazzonia) (Figura 10), poiché crea uno spartiacque eco-sistemico, idrografico e climatico. Esiste una quarta regione bio-geografica, situata sulla linea equatoriale e a circa 1000 chilometri dalla costa, l'arcipelago delle Galápagos.



Figura 10. Carta delle regioni bio-geografiche dell'Ecuador. (Fonte: Ecuadorea.com, 2013)

Il Paese presenta la più alta concentrazione di biodiversità per km² (USAID, 2005; Conservation International, 2007). Il bioma della foresta pluviale e tropicale, infatti, si estende su una vasta parte del territorio continentale, mentre vicino alla costa è presente la foresta delle mangrovie (le più alte del mondo). Questi elevati indici di biodiversità e gli alti tassi di endemismo, anche se soggetti da un'elevata fragilità ecologica, sono divenuti risorsa primaria e strategica per il Paese, che si è concretizzata nella creazione di numerose aree protette. Per questa ragione, l'Ecuador è spesso al centro di numerosi programmi e progetti per lo sviluppo sostenibile, sostenuti da organizzazioni internazionali e Organizzazioni Non Governative (ONG). Il Ministero dell'Ambiente, infatti, secondo una visione di solidarietà con il popolo e il loro ambiente, favorisce la partecipazione di tutti gli attori sociali nella gestione ambientale attraverso il lavoro coordinato, per contribuire a consolidare la capacità sia dello Stato che delle amministrazioni regionali nella gestione democratica e decentrata riguardante la questione ambientale e coinvolgere la partecipazione dei diversi soggetti interessati: università, centri di ricerca e ONG (MAE, 2013).

Dal punto di vista politico, l'Ecuador è una Repubblica presidenziale e nel 2008 l'Assemblea Costituente ha elaborato la nuova Costituzione e tutta la normativa nazionale, modificando profondamente quella preesistente nei principi e nelle applicazioni. Con la presente Costituzione l'acqua diventa per la prima volta un bene pubblico e diritto umano (art. 12).

Il Paese, infatti, sta affrontando grandi trasformazioni sociali ed economiche, che ne stanno cambiando gli assetti economici e la parte culturale. L'economia si sta orientando al cambio di matrice produttiva e si sta basando su due pilastri principali: il settore minerario e petrolifero e il settore metalmeccanico.

Uno dei settori strategici trainante nel quale si stanno iniziando ad investire risorse per poterlo definire settore trainante è il turismo. Nel corso del 2012, infatti, oltre un milione di turisti stranieri hanno visitato l'Ecuador, con una crescita del settore del 12% rispetto al 2011 e del 51% rispetto al precedente quinquennio (Ministero del Turismo, 2012). Tale strategicità non è il risultato di

una pianificazione precedente ma deriva da processi politici antecedenti gli anni Ottanta.

In linea con questa politica e con l'obiettivo di conservare e preservare l'ambiente e le risorse naturali, strategiche al settore turistico., è nato il Ministero dell'Ambiente come branca del Ministero del Turismo.

Nonostante i notevoli sviluppi nel settore sociale, attualmente la percentuale di ecuadoriani che vive al di sotto della soglia di povertà è aumentata a seguito della crisi economica verificatasi a fine anni Novanta e rimane tuttora un dato preoccupante (11%)⁵ (Ministero degli Interni Ecuador, 2013). Tale situazione sta generando fenomeni migratori interni al Paese, nelle aree reputate più ricche di opportunità, in particolare la capitale Quito, Guayaquil e l'arcipelago delle Galápagos.

2.1.1 La normativa ambientale

La Costituzione dell'Ecuador promulgata nel 1998, ha istituzionalizzato il Sistema Nazionale delle Aree Protette (SNAP) per garantire la conservazione della biodiversità e il mantenimento dei servizi ecologici (MAE, 2006). La nuova Costituzione del 2008 riconosce questo Sistema e definisce la struttura del SNAP, suddividendolo in quattro sub-sistemi: statale, autonomo decentralizzato, comunitario e privato. Quello statale, in particolare, include 48 aree protette e comprende circa il 20% del territorio nazionale (MAE and Punto Verde, 2013). Le isole Galápagos fanno parte di questo Sistema, pur essendo dotate di un regime autonomo speciale.

Prima del 1996, la politica ambientale era di competenza del Ministero dell'Agricoltura e in seguito dell'Istituto Ecuatoriano Forestale e delle Aree Naturali Protette e Vita Silvestre (INEFAN).

Il Ministero dell'Ambiente dell'Ecuador (MAE), istituito nel 1996, disegna le strategie per la conservazione, la protezione dello sviluppo sostenibile e per la partecipazione delle comunità locali, incorporando la dimensione ambientale nella gestione pubblica.

⁵ Anche se negli ultimi tre anni, il PIL e la qualità della vita sta crescendo con le nuove politiche governative.

In questo quadro, il Ministero ha elaborato la "*Strategia Ambientale per lo Sviluppo Sostenibile in Ecuador*" (MAE, 1999) che stabilisce le politiche e le linee guida d'intervento nella politica ambientale. La Strategia propone tre livelli d'intervento prioritario (MAE, 1999):

- La conservazione e l'utilizzo sostenibile del capitale naturale;
- Il controllo e il miglioramento della qualità ambientale nei centri urbani e nelle aree rurali;
- L'intervento urgente negli ecosistemi fragili e minacciati, nelle aree geografiche con gravi problemi socio-ambientali, nelle città con un rapido aumento della popolazione e con elevate concentrazioni d'inquinanti.

In conformità con la Costituzione del 2008, il MAE "*garantisce un ambiente sano, il rispetto dei diritti della natura e un modello di sviluppo sostenibile ecologicamente equilibrato e rispettoso della diversità culturale, che conservi la biodiversità e la capacità naturale della rigenerazione degli ecosistemi e assicuri la soddisfazione dei bisogni delle generazioni presenti e future*" (MAE, 2013). Concetti e funzioni che si basano sugli articoli 14, 57 comma 8, 66 comma 27, 83 comma 6, 276 comma 4, e la Sezione Prima del Capitolo Secondo (Titolo VII) della Costituzione.

Le competenze del Ministero dell'Ambiente sono dettate da leggi nazionali. In particolare, il Testo Unico dell'Ambiente del 2003, con ultima modifica del 2013, raccoglie tutta la normativa in materia ambientale, designando anche le autorità competenti in materia.

Analizzando il Testo Unico Ambientale dell'Ecuador si possono osservare delle analogie con il D.lgs 152/2006. Innanzitutto il Testo Unico ecuadoriano è suddiviso in "libri", paragonabili alle "parti" del decreto italiano. Essi definiscono le Autorità in materia (*in primis*, il Ministero dell'Ambiente e il Parco Nazionale delle Galápagos, diventato nel 2012 ufficio decentrato in Galápagos del Ministero dell'Ambiente) e la gestione ambientale. Nei libri seguenti si definiscono e regolano: regime forestale, biodiversità, gestione delle risorse costiere, qualità ambientale.

Il libro VI tratta la qualità ambientale e, in particolare, l'allegato 1 si focalizza sulla risorsa idrica: definisce le tipologie di acque, stabilisce i criteri di qualità e

le frequenze e modalità di campionamento. I criteri di qualità, comprendenti i limiti massimi permessibili, sono suddivisi in dodici tabelle, secondo l'uso della risorsa (vedesi allegato 1).

Inoltre, sono definiti i limiti permessibili, le disposizioni e i divieti per gli scarichi degli effluenti, a seconda che il ricettore finale sia il sistema pubblico di fognatura, un corpo d'acqua dolce o d'acqua marina.

Allo stesso livello del Testo Unico c'è il Codice Organico di Organizzazione Territoriale (COOTAD), del 2010. Il COOTAD definisce e disciplina i governi autonomi decentralizzati (GADs)⁶, e quindi anche le organizzazioni territoriali in Galápagos, in materia di servizi pubblici, tra cui il sistema idrico integrato.

Le amministrazioni della provincia di Galápagos, devono sottostare sia alle leggi nazionali che alla legge del regime speciale per la conservazione e lo sviluppo sostenibile della provincia (LOREG) del 1998, che verrà descritta nel paragrafo 2.2.1, vista la sua rilevanza a livello territoriale.

Attualmente con decreto presidenziale del marzo 2013 le competenze per la gestione della risorsa idrica sono passate al SENAGUA.

⁶ I GADs sono istituzioni decentralizzate che godono di autonomia politica, amministrativa e finanziaria, e sono disciplinati dai principi di solidarietà, sussidiarietà, equità territoriale, integrazione e partecipazione cittadina (Art. 238, Costituzione del 2008).

2.2 L'arcipelago delle Galápagos

L'arcipelago delle Galápagos (Ecuador), situato a circa mille chilometri dalla costa del continente sudamericano (Figura 11), è composto da un elevato numero di isole di origine vulcanica, per una superficiale totale territoriale di 8.060 km² (USACE, 1998) (Figura 12).

Le isole abitate sono quattro: San Cristobal, Santa Cruz, Isabela e Floreana; comprendenti un totale di 21.067 abitanti (INEC, 2009) e 180.000 turisti l'anno (PNG and MAE, 2013).

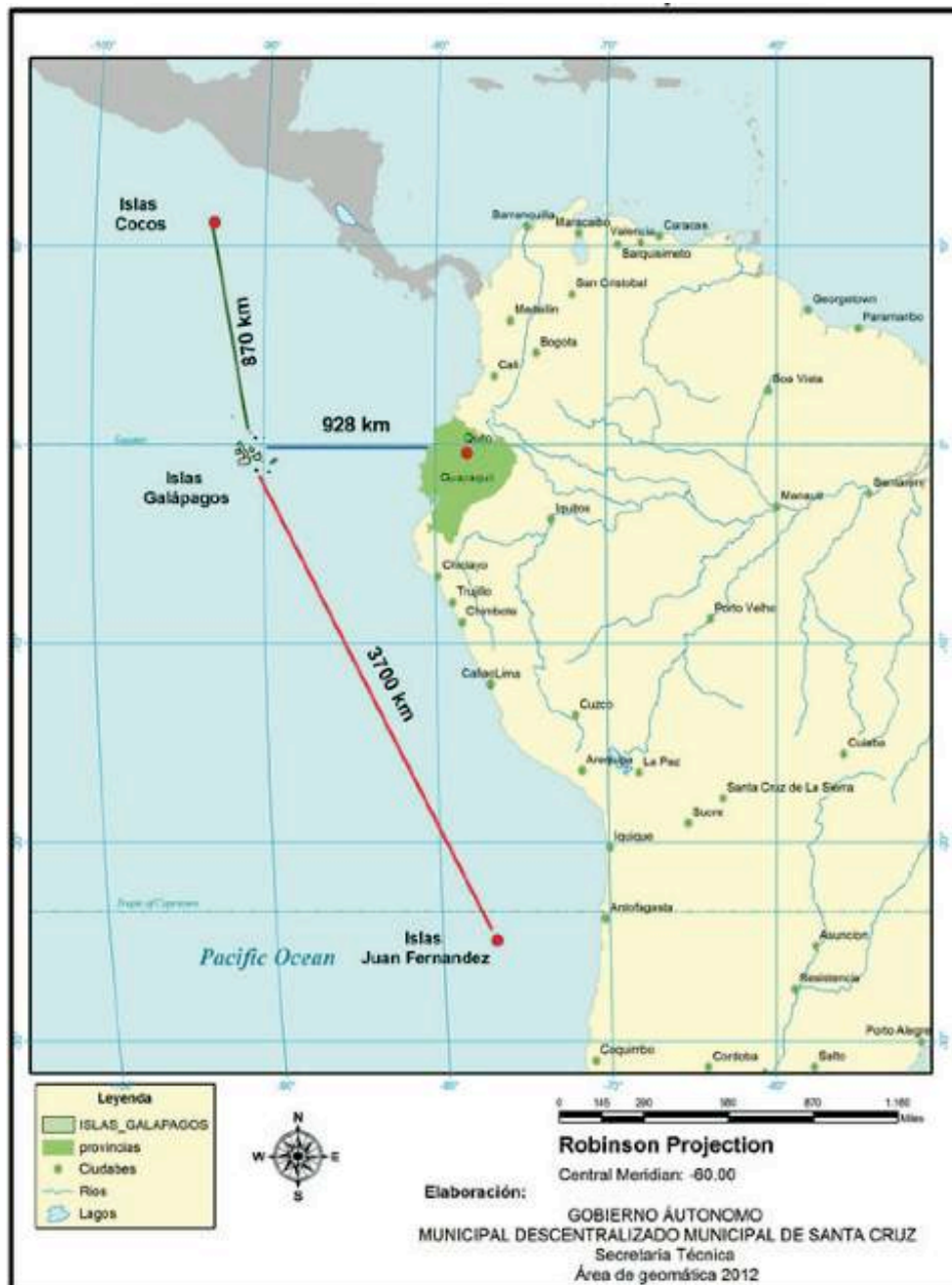


Figura 11. Ubicazione delle isole Galápagos rispetto al continente. (Fonte: GADMSC, 2012).



Figura 12. Mappa cartografica delle Isole Galápagos. (Fonte: The Nature Conservancy, 2006).

Dal 1959 la Direzione del Parco Nazionale delle Galápagos (DPNG) ha la competenza sul 97% del territorio, dichiarato “*area naturale protetta*” nel 1956. Il restante 3% è costituito dagli insediamenti urbani, concentrati prevalentemente nell’area costiera delle quattro isole abitate.

Nell’arcipelago sono presenti numerose specie endemiche: le isole sono diventate famose in tutto il mondo per la fauna, in particolare per le tartarughe giganti (*Chelonoidis nigra*), e nel 1978 l’UNESCO ha dichiarato l’Arcipelago e nel 2001 la riserva marina come patrimonio dell’umanità. Tuttavia, nel 2007, la stessa Organizzazione ha inserito l’ecosistema nella lista del patrimonio mondiale in pericolo, causa la proliferazione di specie invasive e l’aumento indiscriminato del turismo e dell’immigrazione; ma nel 2010 è stato tolto da quest’ultima lista poiché l’Ecuador ha mostrato un maggior impegno nel far fronte ai problemi che compromettevano l’integrità delle Galápagos (Ecologiae.com, 2010).

2.2.1 La legge speciale per le Galápagos

La legge speciale per la provincia di Galápagos (LOREG) è nata al fine di promuovere la conservazione e lo sviluppo sostenibile dell'Arcipelago, fu emanata nel 1998, come conseguenza dei forti fenomeni migratori in atto .

La citata legge istituisce l'Istituto Nazionale Galápagos (INGALA), con le funzioni di:

- formulare le politiche generali e i lineamenti per la pianificazione della conservazione e dello sviluppo sostenibile delle zone popolate della provincia di Galápagos;
- realizzare ricerche relative alla gestione ambientale e alla problematica sociale, in coordinamento con gli enti scientifici, accademici, organismi dipendenti, governi, organizzazioni civili e altri enti.

Dal 2008, l'INGALA è stato fatto confluire, mediante un decreto, con il *Consejo Provincial de Galápagos* per costituire il *Consejo de Gobierno del Regimen Especial de Galápagos* (CGREG). Quest'ultimo è l'organismo responsabile dell'amministrazione della provincia di Galápagos, della pianificazione e dell'ordinamento territoriale, della gestione delle risorse e dell'organizzazione delle attività che si realizzano in Galápagos, per garantire la conservazione del patrimonio naturale dello Stato e del "*Buen Vivir*".

La LOREG prosegue con la definizione dei sistemi del Parco Nazionale delle Galápagos e della Riserva Marina delle Galápagos, che fanno parte del Patrimonio Nazionale delle aree protette. La Direzione del Parco Nazionale Galápagos amministra e gestisce la Riserva Marina della provincia, sulla quale esercita la giurisdizione e la competenza sulla gestione delle risorse naturali.

Inoltre, sono descritti i compiti istituzionali delle Municipalità:

- formulare piani, zonizzazione e controllo dell'uso del suolo di loro competenza amministrativa, comprendendo anche le aree urbane e rurali degli insediamenti umani;
- dettare la normativa per il controllo della contaminazione, in base alle leggi vigenti e ai parametri e standard fissati dal Consiglio dell'INGALA;
- costruire l'infrastruttura sanitaria, un sistema idrico integrato, un sistema fognario e di sanificazione ambientale, in coordinazione con il Consiglio

Provinciale, in conformità con i piani e programmi approvati dal Consiglio dell'INGALA;

- gestire il trattamento dello scarico delle varie tipologie di rifiuto o qualsiasi cosa contamina l'ambiente;
- contribuire al sistema di controllo totale e l'estirpazione di specie introdotte nelle aree urbane e rurali.

Infine, la LOREG regola l'educazione, la salute, la pesca nella Riserva Marina, il turismo, l'agricoltura, il settore artigianale e il controllo ambientale all'interno del territorio.

2.2.2 Le risorse idriche in Galápagos

Le risorse idriche presenti nelle isole Galápagos possono essere riassunte e schematizzate nella tabella 1, per le acque superficiali, e nella tabella 2, per le acque sotterranee.

Le acque vengono suddivise in unità di mappa in base alla quantità e alla qualità dell'acqua.

Per quanto riguarda le acque dolci superficiali, l'Ecuador è suddiviso in quattro unità (USACE, 1998). L'unità di mappa 1 indica le aree in cui l'acqua dolce superficiale è perennemente abbondante; la 2 rappresenta le aree in cui questa tipologia d'acqua è abbondante stagionalmente; la 3, le aree con scarsità idrica, tendenzialmente salmastra e con una disponibilità, da ridotta ad abbondante, di acqua piovana nei mesi da gennaio ad aprile; e la 4 indica aree in cui l'acqua dolce è scarsa o inesistente.

In base a questa ripartizione le acque superficiali dell'Arcipelago rientrano nelle unità di mappa 3 e 4 (Tabella 1). L'unità di mappa 3, presente nelle aree sottoposte a maggior precipitazione, occupa le aree collinari all'interno delle isole ad altitudini superiori a 700 metri. L'acqua, da dolce a salmastra, è disponibile stagionalmente in forma di deflusso superficiale (canali di drenaggio ben definiti sono inesistenti), o proveniente da fonti intermittenti e di captazione. Di solito lo scorrimento s'infiltra nel terreno prima di raggiungere le parti più basse delle isole (USACE, 1998).

L'unità di mappa 4 è caratterizzata da una presenza scarsa o inesistente d'acqua dolce, causa la mancanza di precipitazioni, e si trova ad altitudini inferiori ai 700 metri. In queste aree della parte bassa delle isole è disponibile acqua salmastra e salina da fonti saltuarie e depressioni (USACE, 1998).

Unità di mappa	Fonti	Quantità	Qualità	Note
3 Acqua dolce scarsa o inesistente	Ruscelli irregolari, generalmente più lunghi di 16 km.	Da ridotte (da 40 a 400 L/min) ad abbondanti (da 4000 a 40000 L/min) quantità sono disponibili da gennaio ad aprile, principalmente e provenienti da piccoli ruscelli irregolari. I flussi generalmente scorrono in corti intervalli in relazione alla pioggia. I ruscelli sono secchi durante il resto dell'anno.	Il deflusso generalmente si trasforma in acqua salmastra durante le portate sostenute, quando le concentrazioni di STD tendono ad aumentare. Il flusso dei ruscelli è generalmente torbido e con un alto contenuto di sedimenti. La contaminazione biologica si trova vicino alle aree popolate. La contaminazione chimica si trova sottoforma di idrocarburi provenienti da sversamenti associati con l'estrazione e la raffinazione del petrolio nella provincia di Guayas nell'isola di Sant'Elena.	L'accesso ai ruscelli è possibile nelle pianure costiere e sulle colline, ma non è semplice sviluppare vie d'accesso. Le inondazioni occasionali e repentine durante la stagione piovosa s'infiltrano rapidamente nei letti non consolidati dei fiumi, facendo sì che la captazione dell'acqua sia difficile. Durante i flussi sostenuti, sarebbe richiesta una manutenzione delle vie d'accesso, poiché alti carichi di sedimenti causano l'ostruzione accelerata e l'usura dei pozzi.
4 Acqua dolce scarsa o inesistente	Estuari costieri e paludi; ruscelli momentanei, piccoli stagni e depressioni delle isole Galápagos.	Sono disponibili da ridotte (da 40 a 400 L/min) a enormi (> 400000 L/min) quantità. Da ridotte ad abbondanti quantità sono disponibili nelle isole Galápagos.	L'acqua è generalmente da salmastra a salina. Durante i flussi bassi all'estuario costiero, le correnti delle maree superano le deboli correnti dei rii, creando situazioni di regressione dell'acqua. Questa è la causa dell'intrusione salina anche nei terreni agricoli. La portata dei fiumi è generalmente torbida e con un'alta concentrazione di sedimenti. La contaminazione biologica è alta nella zona degli estuari, e negli stagni e depressioni delle Galápagos. La contaminazione chimica proviene dagli sversamenti di petrolio.	L'accesso via terra nelle zone degli estuari non è possibile, a causa dell'immagazzinamento di acqua in superficie. Nelle aree costiere del Nordest, le vie navigabili potrebbero consentire l'accesso ad alcuni fiumi. Sarebbero necessari impianti di desalinizzazione a osmosi inversa.

Tabella 1. Tipologia delle acque superficiali presenti nelle isole Galápagos. (Fonte: USACE, 1998).

Per quanto riguarda le acque sotterranee delle isole, invece, il Paese è diviso in sei unità di mappa. L'unità 1 rappresenta le aree in cui l'acqua dolce è generalmente abbondante e proviene dalle alluvioni; la 2, le aree è presente in quantità moderate e quantità maggiori sono disponibili solo localmente; la 3, le aree in cui l'acqua dolce è localmente presente in quantità da ridotte a moderate; la 4, le zone con ridotte quantità d'acqua e in cui localmente può esserci acqua salmastra; la 5, le aree in cui l'acqua dolce è scarsa o inesistente con quantità disponibili localmente da esigue a ridotte; e l'unità di mappa 6, le aree in cui si hanno scarse o inesistenti quantità d'acqua dolce e da ridotte ad abbondanti quantità d'acqua salmastra disponibile.

In questa suddivisione, l'arcipelago delle Galápagos rientra nelle unità di mappa 4 e 6 e, in particolare (USACE, 1998): l'unità di mappa 4 è presente nelle altitudini più elevate delle isole con quantità da molto basse a basse d'acqua dolce disponibile localmente nei depositi vulcanici; mentre, l'unità di mappa 6 occupa oltre l'80% della provincia nella zona costiera, dove sono disponibili da piccole a grandi quantità d'acqua salmastra e salina provenienti da acquiferi alluvionali e vulcanici, e generalmente al di sopra di questa si trova una lente d'acqua dolce sottile. Si deve porre, quindi, estrema attenzione durante la perforazione dei pozzi: la cavità non dovrebbe estendersi al di sotto della lente d'acqua dolce e raggiungere l'acqua salmastra o salina. Inoltre, l'eccessivo pompaggio dei pozzi d'acqua dolce in questa zona causerà l'intrusione salina.

Unità di mappa	Fonti	Quantità	Qualità	Note
4 Acqua dolce localmente abbondante	Gli acquiferi sono molto circoscritti alle aree di frattura con permeabilità da bassa a media. Questi acquiferi sono principalmente depositi vulcanici recenti, rocce piroclastiche, porfiriche, diabasiche, quarzite e calcari e rocce sedimentarie. Presenti alle altitudini maggiori delle isole più grandi	Da molto ridotte (da 4 a 40 L/min) a piccole (da 40 a 400 L/min) quantità sono disponibili.	L'acqua è da dolce a localmente salmastra. La maggior parte delle <i>vertienti</i> e dei pozzi sono dolci. Gli acquiferi di bassa profondità possono essere biologicamente e chimicamente contaminati.	L'accesso agli acquiferi è difficoltoso, causa morfologia del territorio. L'acqua sotterranea è utilizzata principalmente per scopi domestici e di allevamento. La ricarica degli acquiferi dipende dalle precipitazioni.

	delle isole Galápagos.			
6 Acqua dolce scarsa o inesistente	Nelle isole Galápagos, gli acquiferi sono locali e non continui. Formati da lava basaltica e rocce piroclastiche con permeabilità da media a bassa, evidenziata dalle fratture.	Sono disponibili e da ridotte (da 40 a 400 L/min) a abbondanti (da 4000 a 40000 L/min) d'acqua salmastra o salina.	La qualità dell'acqua è bassa. L'intrusione salina è un serio problema nelle isole Galápagos e lungo la costa del Pacifico.	Nelle isole Galápagos esiste una lente sottile d'acqua dolce all'altezza del livello del mare, ma l'eccessivo pompaggio può causare intrusione marina, quindi si deve fare estrema attenzione durante la perforazione dei pozzi.

Tabella 2. Tipologia delle acque sotterranee presenti nelle isole Galápagos. (Fonte: USACE, 1998).

Il sistema delle acque superficiali e sotterranee dell'Arcipelago serve alla comprensione delle dinamiche idriche delle singole isole. Infatti, gli aspetti critici delle risorse idriche dell'isola di Santa Cruz riguardano la scarsità e la qualità dell'acqua, derivanti da geologia, clima, idrologia e idrogeologia (descritte nel dettaglio nel paragrafo 2.3).

Al particolare e fragile sistema naturale dell'isola si aggiungono la crescita della popolazione con un tasso annuo del 6% e un aumento dei turisti (per un totale di presenze turistiche che ammontano a 90.000 l'anno) (PNG, 2013), che fanno sì che la domanda idrica aumenti e si eserciti una forte pressione su questa risorsa, peggiorando la qualità del sistema.

Inoltre, è presente anche un secondo impatto: lo scarico dei reflui domestici nei pozzi settici e la successiva filtrazione direttamente nell'ambiente. Il risultato, dato dalla struttura dell'isola e dalla presenza di un sistema fortemente fratturato, è che spesso i reflui urbani confluiscono nelle *grietas*⁷, da cui viene prelevata l'acqua per la rete di distribuzione pubblica (Liu, 2011).

Questo rappresenta, quindi, un rischio per la salute della popolazione, con gravi conseguenze, come le malattie e infezioni causate da virus, batteri, funghi e patogeni. In particolare, nell'isola di Santa Cruz la percentuale di disturbi legati all'acqua contaminata è considerata elevata (Liu, 2011). Il sondaggio sulle condizioni di vita dell'INEC mostra che il 40,6% delle famiglie presentano

⁷ Fratture nella roccia dalle quali si preleva acqua.

malattie e/o disagi (INEC, 2009) e, secondo i dati dell'Ospedale di Santa Cruz, il 36% dei 13.031 ricoveri nel 2009, sono dovuti a infezioni gastrointestinali (Tinoco, 2010).

Per questo motivo, si è reso indispensabile promuovere attività e studi sulla gestione e la qualità delle risorse idriche nell'isola, nell'ambito di progetti di ONG e di cooperazioni internazionali. È proprio in questo contesto che s'inserisce il presente elaborato, facente parte di un progetto di cooperazione decentrata allo sviluppo sulla tutela della salute pubblica.

2.3 Isola di Santa Cruz



Figura 13. Mappa dell'isola di Santa Cruz. (Fonte: The Nature Concervancy, 2006.)

L'isola di Santa Cruz (Figura 13), oggetto dello studio, è la seconda isola per estensione, ma la prima per il numero di popolazione residente (12.630 residenti secondo le stime del 2009; INEC, 2010). Si presenta come un'isola di forma ellissoidale (con asse maggiore orientato in direzione Est-Ovest) e con una morfologia tipica dei coni vulcanici: il territorio è formato da coste basse che si elevano verso il centro dell'isola fino ad arrivare a un'altitudine di 864 metri. L'isola di Santa Cruz è suddivisa in *parroquias*⁸ e la capitale è Puerto Ayora, l'area urbana principale, situata sulla costa, e nella quale risiede la maggior parte della popolazione (85,4%) (INEC, 2010); mentre le altre comunità (Bellavista e Santa Rosa) si collocano nella parte alta dell'isola e attualmente in espansione demografica.

2.2.1 Inquadramento climatico

L'Arcipelago è caratterizzato da una particolare condizione meteorologica: le precipitazioni annuali nelle zone più basse delle isole sono di circa 60 - 100 mm, la temperatura varia tra i 21 e i 29 °C e quella dell'oceano è molto bassa. Una corrente oceanica, di acqua relativamente fredda, infatti, produce inversioni di temperatura che impediscono le precipitazioni e generano aree molto secche. Questo è il risultato dell'influenza della corrente profonda di Humboldt, che ha origine nel Sud Pacifico ed emerge in una regione situata vicino alle isole Galápagos.

La stagione calda inizia nel mese di gennaio e termina in aprile: i fenomeni piovosi sono sporadici ma intensi. L'epoca fredda, invece, va dal mese di luglio fino a novembre e si caratterizza per l'assenza di piogge intense e la presenza della cosiddetta *garua* (condensazione di umidità, frammista all'acqua portata dal mare per effetto del vento) in tutto il sistema territoriale. I mesi di maggio e dicembre sono considerati mesi di transizione. Le temperature (Figura 14) variano tra 18 e i 20 °C nella stagione fredda (giugno - dicembre), mentre tra i 24 e i 29 °C nella stagione calda (gennaio - maggio) (ESPOL, 2011).

⁸ In Ecuador, le *Parroquias* sono la divisione politico-territoriale di terzo e ultimo livello, comparabili con i comuni e le comunità.

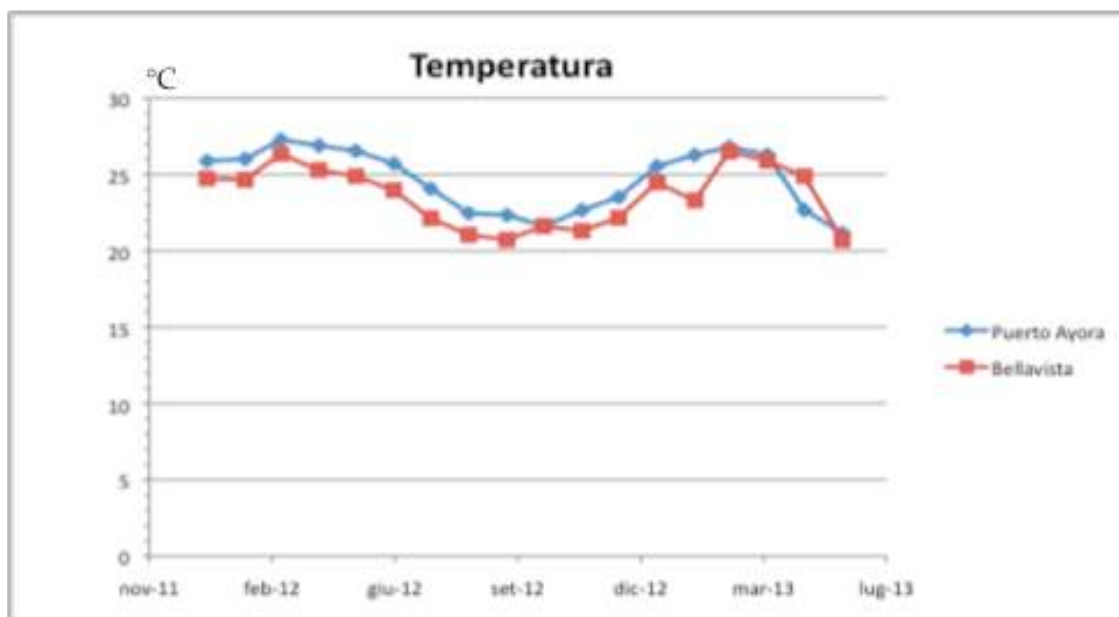


Figura 14. Andamento della media delle temperatura a Puerto Ayora (zona costiera dell'isola) e di Bellavista (zona di transizione). (Fonte dati: FCD, 2013).

Le precipitazioni (Figura 15) nell'isola di Santa Cruz si concentrano in due periodi dell'anno e sono minori sulla costa, mentre sono più abbondanti nella parte alta. Nella zona di transizione si presenta la *garua*. Il totale delle precipitazioni annuali può variare da 300 mm nella zona costiera a 1300 mm nella parte alta di Santa Cruz, anche se l'elevata variabilità stagionale e la presenza della *garua*, rendono difficile la stima di un valore rappresentativo.

In base all'influenza climatica e alle precipitazioni, l'isola di Santa Cruz si può suddividere in tre zone, corrispondenti a: zona costiera, zona di transizione e parte alta.

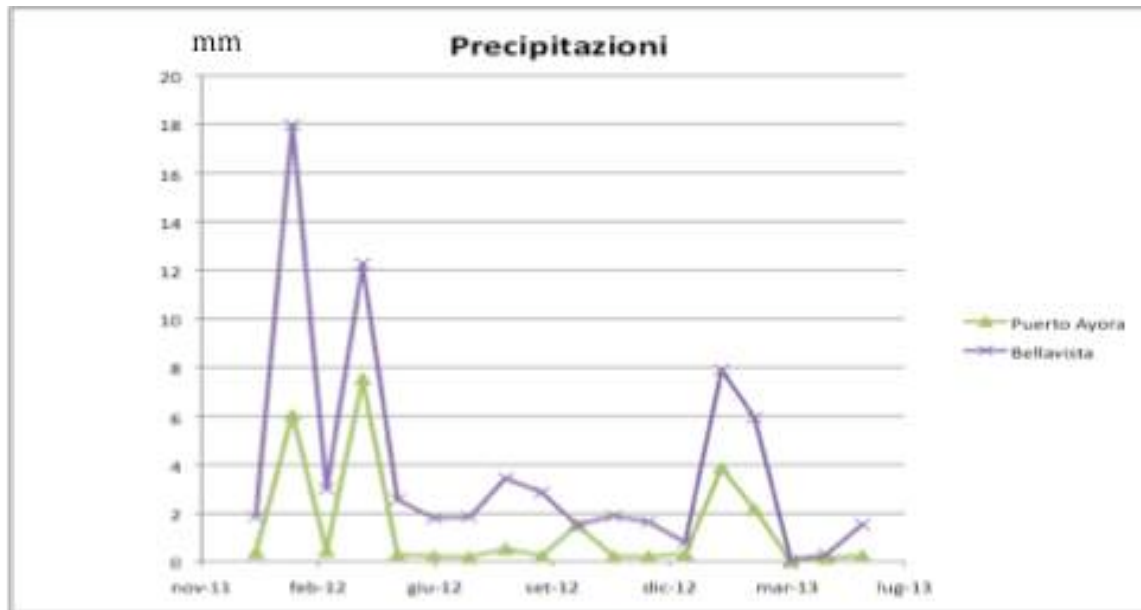


Figura 15. Andamento della media delle precipitazioni a Puerto Ayora (zona costiera dell'isola) e di Bellavista (zona di transizione). (Fonte dati: FCD, 2013).

Inoltre, l'isola di Santa Cruz, come tutto l'arcipelago, è fortemente influenzata dall'Oscillazione Meridionale del *Niño*. Il *Niño* è un fenomeno climatico che si manifesta nell'oceano Pacifico in media ogni cinque anni e causa un incremento della temperatura della superficie oceanica; le conseguenze sono la sostituzione della corrente oceanica di Humboldt e forti precipitazioni nell'America centro-meridionale. La *Niña*, invece, è il fenomeno inverso che provoca siccità.

Questo fenomeno in Galápagos causa eventi estremi ogni 2 - 7 anni, caldi (il *Niño*) o freddi (la *Niña*). Il primo causa temperature della superficie oceanica e dell'aria più alte rispetto alla media della stagione calda, con un associato aumento delle precipitazioni. Di conseguenza la produttività biologica diminuisce drasticamente nel regno marino, causando un tasso di mortalità diffusa, mentre aumenta notevolmente la produttività dell'ambiente terrestre. Nel 1982/83 e nel 1997/98 si sono verificati due forti fenomeni di il *Niño*, che hanno influenzato notevolmente gli ecosistemi marini e terrestri delle isole (FCD, 2013). La *Niña*, invece, comporta un abbassamento delle temperature e una riduzione delle precipitazioni nella stagione calda.

La manifestazione di questi fenomeni influenza fortemente la media annuale delle precipitazioni. La Stazione di Ricerca Charles Darwin, situata sull'isola di Santa Cruz, ha registrato il massimo annuo (2769 mm) durante il fenomeno di il

Niño nel 1983, e il minimo (64 mm) durante il seguente fenomeno di la *Niña* nel 1985 (FCD, 2013).

2.2.2 Inquadramento geologico

Da circa cinque milioni di anni, l'attività di un hot spot della placca di Nazca ha dato origine, con le sue eruzioni vulcaniche, alle isole Galápagos.

In particolare, la nascita dell'isola di Santa Cruz è datata a circa due milioni di anni fa e presenta due fasi di formazione (Domínguez, 2011):

- 1) La serie di lava della piattaforma: sono lave di tipo toleitico e ferro-basaltico, caratteristiche delle eruzioni sottomarine.
- 2) Le lave del vulcano a scudo, originate da una serie di eruzioni in un sistema allineato di fessure in direzione Est-SudEst, che hanno dato la forma ellittica all'isola di Santa Cruz: è una lava pahoehoe di tipo alcali-basaltico.

L'isola di Santa Cruz, quindi, è caratterizzata da:

- Un vulcano a scudo con pendenze molto basse e un'altitudine limitata;
- Un allineamento dei coni eruttivi lungo un asse Est-Ovest;
- Un sistema di faglie nel terreno che si ritrovano in tutto il territorio insulare e che prendono il nome di *grietas*.

2.2.3 Inquadramento idrologico

Il contesto geologico gioca un ruolo rilevante nel definire l'idrologia dell'isola: l'alto grado di fratturazione provoca un'infiltrazione accelerata e, quindi, le acque superficiali sono solo temporanee (Figura 16).

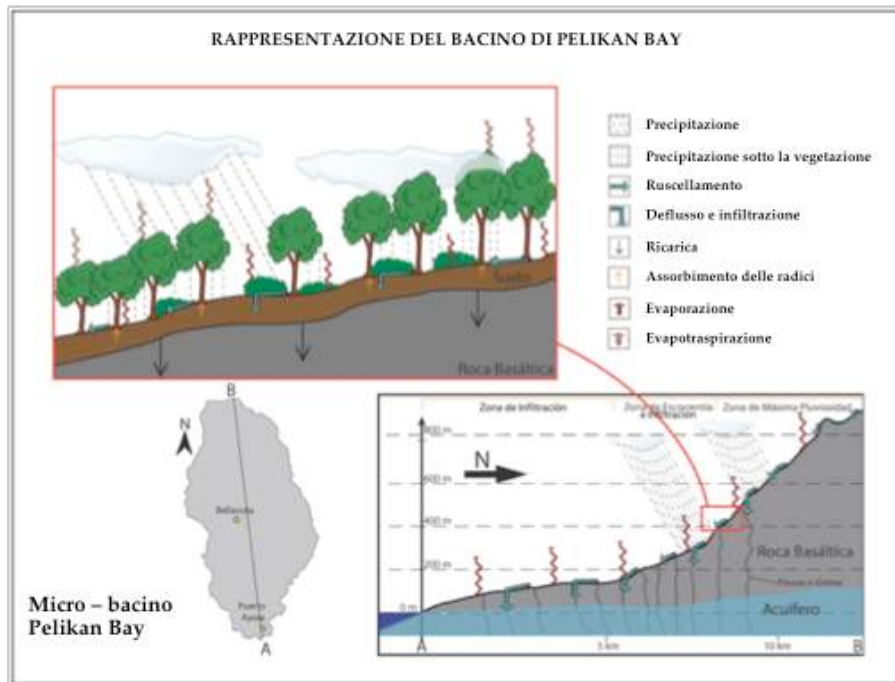


Figura 16. Rappresentazione dell'infiltrazione idrica presso l'isola di Santa Cruz. (Domínguez, 2011)

I micro - bacini (Figura 17) che compongono il sistema idrico dell'isola di Santa Cruz presentano le seguenti caratteristiche (Domínguez, 2011):

- la zona alta (dai 600 metri sul livello del mare alla cima dell'isola) presenta un suolo argilloso, che comporta l'accumulo temporaneo di acque;
- la zona intermedia (tra i 200 e i 600 metri sul livello del mare) presenta pendenze meno pronunciate con discontinuità e fratture (*grietas*) nelle rocce, le quali favoriscono l'infiltrazione.
- nella zona bassa (tra i 0 e i 200 metri sul livello del mare) il deflusso superficiale è nullo, poiché la componente argillosa è molto bassa e le *grietas* sono a cielo aperto; inoltre la presenza di tunnel di lava aumenta il deflusso verso l'oceano.

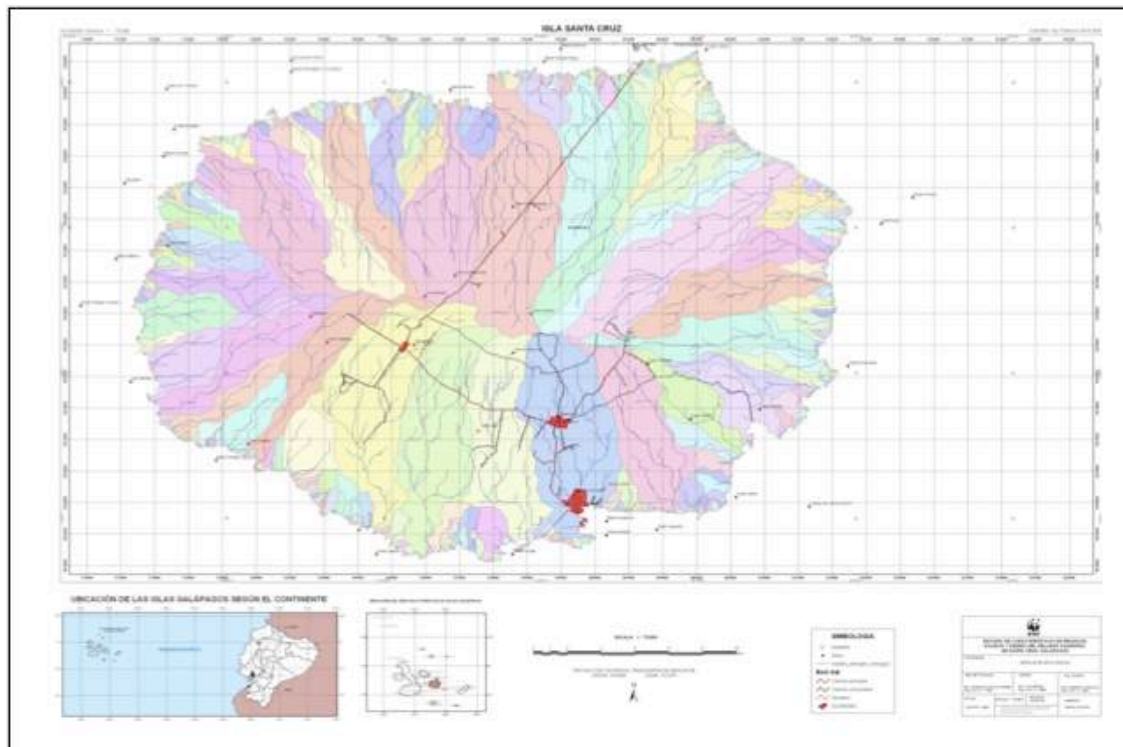


Figura 17. Mappa delle micro - bacini dell'isola di Santa Cruz. (Fonte: WWF, 2006)

2.2.4 Inquadramento idrogeologico

L'esplorazione idrogeologica dell'isola di Santa Cruz è una questione di grande interesse.

L'assenza di corsi d'acqua superficiale e di sistemi di desalinizzazione dell'acqua di mare, unite all'aumento della popolazione (con un tasso annuo del 6% al si aggiungono circa 180.000 turisti l'anno; PNG, 2013), rendono necessaria l'individuazione di nuove fonti d'acqua per rispondere alla crescente domanda.

Ad oggi, il principale studio di riferimento per la valutazione del potenziale idrogeologico, è la tesi di dottorato, "*Étude du fonctionnement hydrologique dans les Iles Galápagos: caractérisation d'un milieu volcanique insulaire et préalable á la gestion de la ressource*" (Studio del funzionamento idrogeologico delle isole Galápagos: caratterizzazione di un sistema vulcanico insulare e premesse per la gestione delle risorse) di Noemi d'Ozouville, (*Université Paris 6 Pierre et Marie Curie*, 2008).

Questo ha permesso di definire un primo modello dell'idrogeologia dell'isola, ottenuto tramite investigazioni con il sistema SkyTEM (Sistema Elettro-Magnetico Transitorio; Sørensen e Auken, 2004) (Figura 18).

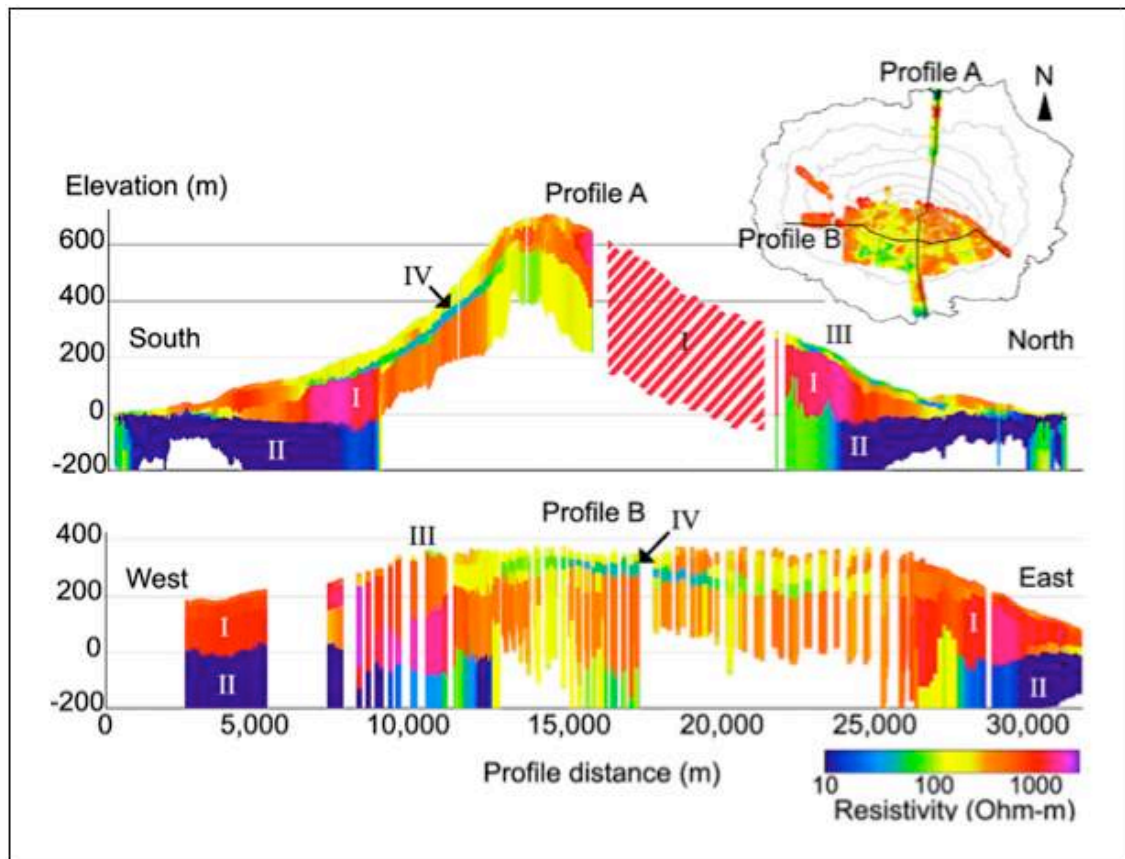


Figura 18. Valutazione idrogeologica mediante l'interpretazione della resistività in 3D. Le due sezioni rivelano la struttura interna dell'Isola di Santa Cruz Island e le quattro unità d'interesse idrogeologico. Le posizioni dei profili sud-nord ed est-ovest dell'isola sono visualizzate sul riquadro in alto a destra, rappresentano la media della resistività misurata in superficie, mostrando estensione della zona mappata. I profili mostrano la densità dei dati generati e la profondità di penetrazione tra 200 e 300 m. Le quattro unità d'interesse idrogeologico sono: (I) basalti insaturi ad alta resistività, (II) intrusione del cuneo salino alla base della falda basale salmastra; (III) in prossimità della superficie, le unità a bassa resistività rappresentanti depositi colluviali; (IV) unità interna, a bassa resistività di basalti saturi sovrastanti un strato impermeabile. (Fonte: D'Ozouville, 2008).

Il modello concettuale, quindi, consiste in (d'Ozouville, 2008):

- Un acquifero di base in comunicazione con il mare, con un basso gradiente idraulico ($0,001 \Omega\text{m}$ sul lato sud di Santa Cruz). Il cuneo salino penetra fino a 9 chilometri nell'entroterra: l'ipotesi avanzata, sulla base dei risultati ottenuti con il sistema SkyTEM, sostiene che la falda acquifera sia continua in tutta la periferia dell'isola.
- Sull'isola di Santa Cruz ci sarebbe un acquifero sospeso con una falda unica e continua di 50 chilometri quadrati e, in media, 50 metri di spessore. La litologia è un alternarsi di materiale colluviale e colate laviche o uno strato di basalti fratturati saturi posti su un livello impermeabile sottile. Le acque che transitano in questo livello

partecipano alla ricarica del sistema acquifero di base per l'infiltrazione gravitazionale dovuta alla rete di fratture aperte.

2.2.5 Inquadramento socio-economico

Gli unici dati certi e validati, che riguardano l'inquadramento socio-economico dell'isola di Santa Cruz risalgono al 2010 e sono presenti nel sondaggio dell'INEC sulle condizioni di vita dell'arcipelago delle Galápagos. Gli indicatori analizzati si basano sulle condizioni delle abitazioni e dei servizi forniti e sugli indici demografici, sociali ed economici (INEC, 2010).

In particolare, le percentuali risultanti dalla distribuzione e dalla disponibilità dei servizi di base sono (INEC, 2010):

- l'84,8% della popolazione viene rifornita dalla rete idrica pubblica e il 10,8% raccoglie l'acqua meteorica;
- l'approvvigionamento di acqua dalla rete pubblica non è permanente e l'irregolarità della fornitura arriva al 97,4%; sono necessarie, quindi, delle altre fonti di approvvigionamento idrica, come i camion cisterne e i *tanques*;
- il 95,4% delle abitazioni sono dotate di pozzi settici, non direttamente collegate a una rete di trattamento;
- il 99% è allacciata alla rete elettrica;
- il 94,3% della raccolta e smaltimento dei rifiuti avviene ad opera del servizio municipale.

Gli indicatori demografici descrivono le caratteristiche della popolazione. Nell'isola di Santa Cruz, la maggior parte della popolazione è situata nell'area urbana (85,4%), la densità di popolazione è di 109 abitanti/km² ed è equamente distribuita tra i due sessi (INEC, 2010).

Secondo stime ufficiali, nell'isola risiedono circa 15.000 persone e di queste il 78,6% sono immigrati (dall'Ecuador continentale), solitamente arrivati in Galápagos per ragioni economiche (INEC, 2010). La conseguenza di tale fenomeno comporta effetti negativi sulla gestione delle acque: gli immigrati essendo abituati a concepire l'acqua come una risorsa abbondante, non sono in

grado di comprendere e gestire appropriatamente una risorsa che in Galápagos è limitata.

Gli indicatori sociali analizzano gli aspetti legati alla salute e all'educazione. Dal sondaggio dell'INEC, risulta che l'11,83% dei bambini di età inferiore ai cinque anni presenta uno stato di denutrizione cronica (INEC, 2010). L'assistenza sanitaria può considerarsi ripartita equamente tra strutture pubbliche (52,3%) e private (48%) (INEC, 2010).

L'educazione scolastica è suddivisa in prescolare, primaria, secondaria, superiore ed universitaria. Generalmente il 42,3% della popolazione raggiunge un livello d'istruzione secondaria e solo il 15,1% quello superiore (INEC, 2010). I fattori principali che portano alcuni giovani a non frequentare la scuola sono il lavoro (41,9%) o la mancanza di disponibilità economica delle famiglie (15,6%) (INEC, 2010).

La percezione a livello di vita nell'isola di Santa Cruz è considerata mediamente buona, anche se il 39,4% delle famiglie sono in condizioni di povertà e la percentuale di disoccupazione arriva al 30,8% (INEC, 2010).

L'economia in Galápagos è fortemente condizionata dai cambiamenti del settore esterno, cioè dalla dipendenza del trasporto, della mobilità delle persone e dei prodotti.

Le attività economiche in cui sono impiegate la maggior parte delle famiglie di Santa Cruz sono il trasporto (18%), il commercio (14,9%), le attività di ristorazione e di hotel (13,7%) e l'agricoltura (7,8%) (INEC, 2010).

Il sondaggio dell'INEC pone anche un interesse particolare sulle attività a conduzione propria. Le famiglie che gestiscono un'impresa familiare sono il 43,3% e il 12,2% possiedono terreni per l'uso agricolo e di pascolo (INEC, 2010).

L'isola di Santa Cruz rispecchia anche nella vita socio-economica, la divisione climatica e morfologica. Infatti, alcuni aspetti dell'economia e della vita di Puerto Ayora sono da trattare separatamente alle condizioni delle *parrocchie* di Bellavista e di Santa Rosa, che si trovano nella zona agricola e alta dell'isola.

L'organizzazione territoriale della città di Puerto Ayora evidenzia principalmente gli usi residenziali e commerciali-turistici, situati nella fascia

cittadina vicino al mare, con la presenza di strutture commerciali, sociali e istituzionali concentrate anche nella zona centrale.

La zona agricola, invece, si trova nella parte alta dell'isola e la copertura dei servizi di base (acqua potabile, elettricità e fognatura) è considerata molto bassa (INEC, 2010). In particolare, le percentuali per la Parrocchia di Bellavista, avente 258 abitazioni, sono del 6,70%, 90,34% e 0,0% rispettivamente per la copertura dell'acqua potabile, dell'elettricità e del sistema fognario, che diventano 1,19%, 94,05% e 39,29% per la Parrocchia di Santa Rosa, nella quale sono presenti 82 abitazioni (GADMSC, 2012).

L'uso del suolo della zona rurale di Santa Cruz, secondo i dati della Municipalità, è adibito principalmente al pascolo (50,68%). Le principali aziende sono avicole (56,3%) (i polli arrivando a 90.000 capi bestiame macellati al mese), il 19,9% alleva suini e 18,0% bovini (INEC, 2010). Le attività degli abitanti della zona agricola sono, quindi, dedicate al pascolo e alla coltivazione. Sono presenti anche tre caseifici (*La Noruega*, *El Provenir* e *Kastalden*) e un impianto di distribuzione e imbottigliamento d'acqua (*Agua Miconia*).

2.4 L'approvvigionamento di acqua potabile e i problemi d'inquinamento idrico

Nel presente paragrafo si descriverà il sistema insulare per una comprensione più completa delle problematiche connesse all'acqua potabile e alla contaminazione, con particolare riferimento alle fonti, alla distribuzione e alla qualità dell'acqua.

2.4.1 Le fonti d'acqua potabile

Le possibili fonti d'acqua potabile a Santa Cruz sono le acque sotterranee e le acque meteoriche. Le acque superficiali sono da escludere perché temporanee.

Sin dall'arrivo dei primi coloni (1920), gli abitanti dell'isola si sono preoccupati di ottenere acqua per uso e consumo umano (Liu, 2011).

Negli anni Settanta, il GADMSC ha cercato di trovare delle soluzioni all'approvvigionamento idrico. Tra il 1974 e il 1990 i progetti sviluppati hanno incluso:

- l'installazione di impianti di pompaggio nelle *grietas* di Puerto Ayora e di condutture per la costruzione di una rete municipale (Guyot-Tephany, 2010);
- la realizzazione di un impianto di desalinizzazione, con il supporto della cooperazione italiana (Guyot-Tephany, 2010);
- un altro impianto di desalinizzazione, progetto del 2006 di un'organizzazione per lo sviluppo spagnola (Ortiz, 2006);
- iniziative per l'uso di cloro nell'acqua, come disinfettante (Rueda et al., 2006);
- sviluppo di un sistema di acqua corrente per la comunità di Bellavista, in collaborazione con il progetto "*Pozo Profundo*" tra gli anni 1993-2005 (d'Ozouville e Merlen, 2007);
- realizzazione della *grieta La Camiseta* (Sarango, 2010).

La distribuzione d'acqua della città di Puerto Ayora avviene tramite la rete municipale. Secondariamente si pratica anche la raccolta dell'acqua piovana con l'utilizzo di cisterne, poste sul tetto o su terrazze delle abitazioni private (Figura 19).



Figura 19. Esempio di *tanque* posto in prossimità di un'abitazione privata presso Puerto Ayora. (Foto di Tringali, 2012).

Attualmente, il GADMSC capta acqua da quattro *grietas* (Figura 22): la *grieta* "La Mision Franciscana", situata nel centro della cittadina, la *grieta* "INGALA/Pampa Colorada" e la *grieta* "La Camiseta", collegate alla rete municipale e a servizio della cittadina costiera (Sarango, 2012).

Nel 2002 è stato realizzato un altro pozzo (chiamato "Pozo Profundo"), che estrae l'acqua da circa 160 metri di profondità ed è situato a 4,7 chilometri a nord di Puerto Ayora (Consulambiente, 2012). Da questo pozzo si estrae l'acqua per il 100% della popolazione di Bellavista e contribuisce al 30% della fornitura di Puerto Ayora (d'Ozouville, 2008).

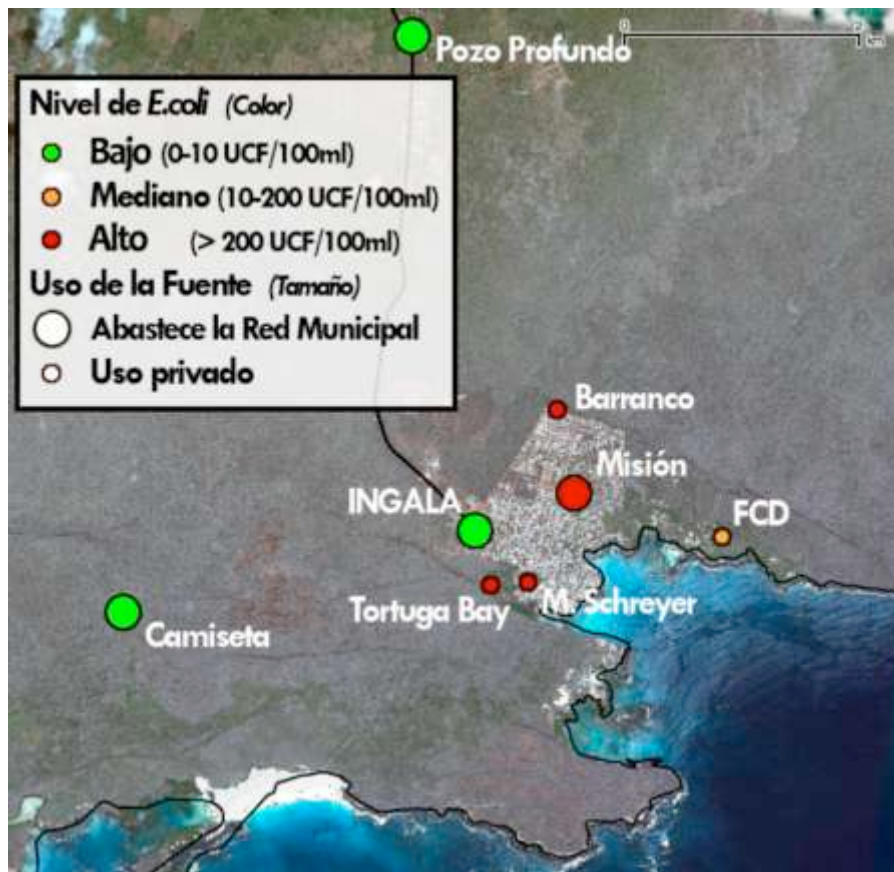


Figura 20. Mappa delle *grietas* e livelli relativi alle misure di E. Coli. Il colore verde indica un livello basso (0-10 UFC/100ml), l'arancione un livello medio (10-200 UFC/100ml) e il rosso un livello alto (superiore a 200 UFC/100ml). La dimensione dei cerchi indica se le *grietas* forniscono la rete municipale (cerchio più grande) o se sono private (misura inferiore) (Liu, 2011).

Nella parte alta dell'isola, gli abitanti utilizzano l'acqua meteorica e, in assenza, si riforniscono dall'acqua dei camion cisterne, prelevata e trasportata dalle fonti d'acqua di Puerto Ayora. Il costo di quest'ultima dipende principalmente dalla distanza percorsa dalla cittadina costiera (Guyot-Tephany, 2010).

Ad oggi non esiste una soluzione centralizzata per l'acqua potabile a Santa Cruz. Si è sviluppato, quindi, un settore privato che si occupa della distribuzione e dell'imbottigliamento dell'acqua proveniente dalle varie fonti di captazione. Come in molti paesi in via di sviluppo, questa è un'acqua "purificata" che gli abitanti possono utilizzare per bere e cucinare, poiché l'acqua della rete di alimentazione non è potabile.

La vendita può essere "sfusa", in contenitori da 20 litri riutilizzabili, in taniche da 4 litri o in bottiglie da mezzo litro (Guyot-Tephany, 2010) (Figura 21).

Alcune di queste compagnie private cittadine sono *Agua Galápagos*, *Agua Luz* e *Agua Pelikan Bay*. Quest'ultima impresa estrae l'acqua dalla *grieta* "La Misión

Franciscana” con una portata di circa 113 litri al minuto; usa filtri e la clorazione per purificare l’acqua (proprietario *Agua Pelikan Bay*, 2012).

Un’altra impresa privata, si trova nella parte alta dell’isola, proprietaria dell’impianto dell’*Agua Miconia*. L’impianto è dotato di filtri di sabbia e di carbone attivo e la disinfezione dell’acqua avviene tramite l’ozono e raggi ultravioletti (Errera, 2012).

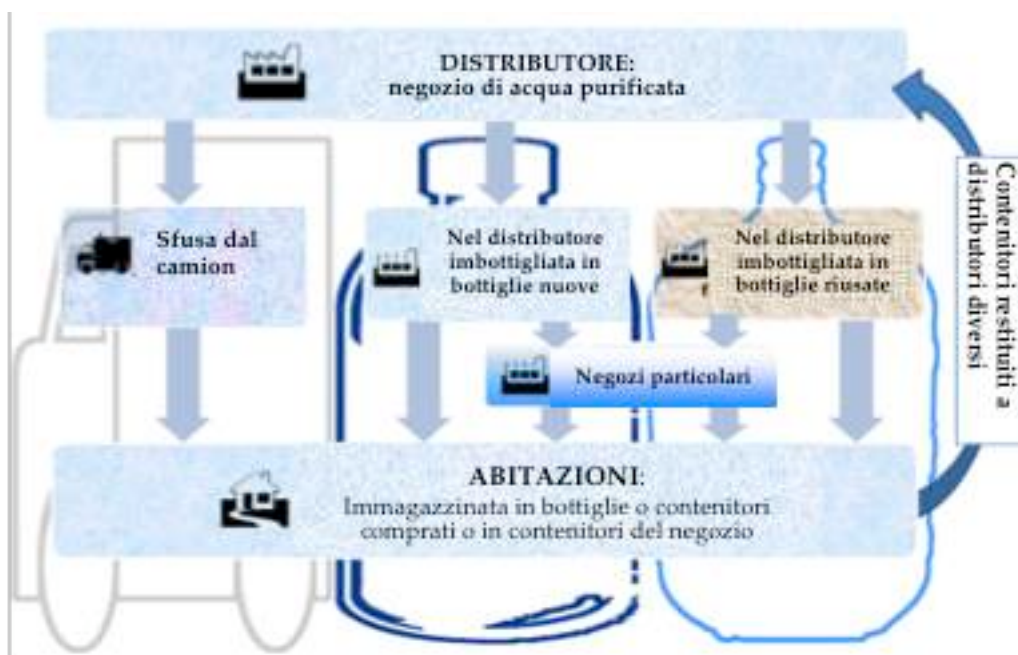


Figura 21. Schema sulla vendita dell’acqua purificata. (Liu, 2011)

2.4.2 La qualità e la contaminazione delle risorse idriche

Le debilità che si riscontrano nelle risorse idriche dell’isola di Santa Cruz, oltre alla quantità di acqua fruibile, riguardano la sua qualità.

L’acqua sotterranea nelle aree urbane dell’isola si sta contaminando a causa della scarsa gestione delle acque reflue, aggravato dal rapido aumento della popolazione e del turismo (d’Ozouville, 2008). La causa principale è la mancanza di un trattamento delle acque reflue (Sarango, 2010), che contaminano l’acquifero di base (Figura 22).

La carente disponibilità idrica e la mancanza di un trattamento delle acque reflue ha provocato, quindi, la contaminazione della risorsa con contaminazione di origine antropica e salinizzazione (Walsh et al., 2010).

Per quanto riguarda la rete municipale, i problemi principali sono le perdite e la contaminazione. Le prime sono causate dalla continua pressione che l’acqua

esercita sulle condutture quando l'impianto di pompaggio è spento (Ortiz, 2006). Inoltre le tubature sono posizionate sotto strade e marciapiedi dove, causa traffico, calore e mancanza di manutenzione, viene perso circa il 70% dell'acqua estratta (Armijos e Moir, 2009). La contaminazione della rete municipale è principalmente di origine biologica, rappresentata da un'elevata presenza di coliformi fecali nelle fonti idriche e nell'acqua marina, in prossimità della zona urbana (Armijos e Moir, 2009).

Per l'acqua a consumo umano, invece, l'acqua purificata e imbottigliata è risultata contaminata, a causa della mancanza di una sterilizzazione adeguata dei contenitori (Walsh et al., 2010).

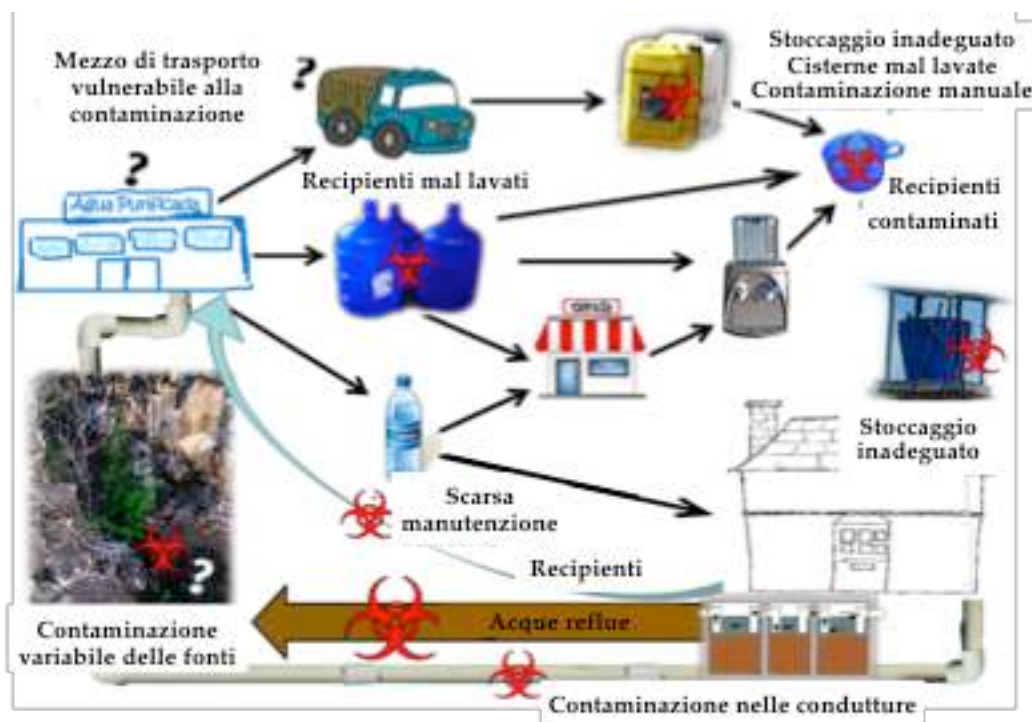


Figura 22. Vulnerabilità del sistema attuale di approvvigionamento dell'acqua per consumo umano e domestico. (Liu, 2011)

2.4.3 La tariffa idrica

Gli aspetti menzionati in precedenza si riflettono ovviamente anche nel costo dell'acqua, anche se nell'isola di Santa Cruz non c'è omogeneità nel prezzo (GADMSC, 2012):

- A Puerto Ayora la distribuzione avviene attraverso la rete municipale e costa da 4 a 5 \$ al mese ad utenza (sia domestica che commerciale e alberghiera), indipendentemente dalla quantità utilizzata. La

distribuzione nella parte alta dell'isola della stessa acqua nei *tanques* (cisterne da circa 20 metri cubi) costa da 10 a 40 \$ a seconda della distanza.

- La cittadina di Bellavista riceve acqua dal *Pozo Profundo* a un costo di 1,21 \$ al metro cubo. La cittadina di Bellavista è l'unica dotata di contatori dell'acqua.
- L'acqua imbottigliata in bottiglioni da 5 galloni (20 litri) costa 2 \$ a gallone e l'acqua distribuita direttamente dal tubo flessibile costa tra l'1 e i 1,25 \$ ogni 5 galloni.

Il costo reale dell'acqua però dovrebbe includere la protezione delle fonti idriche, la consegna dell'acqua alle case e ai servizi commerciali, la ricezione di canali di scolo e il loro trattamento fino al ritorno dell'acqua all'ambiente. La ricezione delle fognature e la manutenzione di un sistema idrico integrato sono dei punti fondamentali del ciclo di trattamento, comportando un aumento del prezzo che può superare il 100% del costo della consegna. Sarebbe necessario, quindi, revisionare le tariffe tenendo conto di questi importanti aspetti.

2.5 L'approvvigionamento idrico per il settore agricolo

L'approvvigionamento per il settore agricolo avviene attraverso la raccolta d'acqua piovana o tramite l'acquisto di acqua salmastra trasportata dai camion cisterne, il cui costo è calcolato in base alla distanza percorsa (MAGAP, 2012).

La disponibilità d'acqua è in gran parte legata alle precipitazioni meteoriche, ma sempre più spesso le piogge non sono sufficientemente abbondanti per rispondere alle esigenze di consumo. Per le attività che richiedono grandi quantità di acqua, gli agricoltori e gli allevatori sono costretti ad acquistare acqua salmastra e contaminata.

Per cercare di arginare il problema di temporanea disponibilità di acqua meteorologica, l'UNDP ha avviato un progetto sull'acqua per il settore agricolo, gestito dal governo provinciale, che consiste nell'impermeabilizzazione con geomembrana di un cratere vulcanico, avente lo scopo di ottenere un'importante riserva di acqua (Progetto *Cascajo - Camote*, (2007). Il limite del

progetto è la dipendenza dalle precipitazioni e dall'evaporazione, e il mancato mantenimento del sistema.

Sono stati già realizzati nella zona agricola del *Cascajo*, alcuni interventi minori d'impermeabilizzazione con geomembrana (Figura 23). Gli effetti negativi riscontrati sono il ristagno idrico e la scarsa ossigenazione dell'acqua, che comportano l'attrazione di numerosi insetti e altri animali.



Figura 23. Foto delle geomembrana nella zona agricola dell'isola di Santa Cruz. (Foto di Tringali, agosto 2012).

2.6 Gli enti gestori e di controllo della risorsa idrica

Gli enti gestori e di controllo delle risorse idriche presenti in Galápagos, e in particolare a Santa Cruz, sono il CGREG, la Direzione del Parco Nazionale Galápagos (DPNG), la Municipalità di Santa Cruz (GADMSC) e la Segreteria Nazionale dell'Acqua (SENAGUA).

La Direzione del Parco Nazionale Galápagos, considerando gli attuali livelli di crescita della popolazione nell'Arcipelago e preoccupata per la quantità fruibile d'acqua, considera prioritario pianificare e controllare l'uso di questa risorsa. Una buona gestione delle risorse idriche è essenziale sia per lo sviluppo umano sia per conservare l'integrità degli ecosistemi naturali.

La DPNG, tramite gli studi e i monitoraggi della qualità dell'acqua, eseguiti in collaborazione con altre istituzioni locali, nazionali e internazionali, cerca di minimizzare il rischio di contaminazione e lo spreco d'acqua dolce della popolazione locale. Nel 2005, in collaborazione con l'Agenzia Giapponese della cooperazione internazionale, è stato avviato un progetto quinquennale con il fine di comprendere lo stato della qualità idrica dell'Arcipelago.

Attualmente, i tecnici del Parco continuano con i monitoraggi trimestrali nei siti stabiliti per il campionamento. Prelevano campioni d'acqua sia per il monitoraggio dei siti terrestri che per i siti costieri ed eseguono analisi fisico-chimiche, chimiche e biologiche. Quindi, il PNG è responsabile del controllo della qualità delle acque, mentre la fornitura di acqua potabile a Santa Cruz è gestita dal Dipartimento dell'acqua del GADMSC.

Oltre al Parco Nazionale Galápagos e alla Municipalità, un altro organo che ha competenza nel settore idrico è il SENAGUA, nato nel 2008 mediante decreto esecutivo e presente in Galápagos in due centri zionali (a Santa Cruz e a San Cristobal) dal 2012.

Il compito principale del SENAGUA è di dirigere la gestione integrata delle risorse idriche in tutto il territorio nazionale attraverso le politiche, la normativa, il controllo e la gestione decentrata, per generare un'amministrazione efficiente dell'uso (SENAGUA, 2012).

In un quadro interpretativo sulle criticità che emergono, riguardanti la gestione delle risorse idriche, tutte le istituzioni hanno competenza, ma non è presente

una collaborazione e gestione integrata della risorsa (Figura 24). Inoltre, non c'è chiarezza sulle competenze in merito alla contaminazione nelle aree urbane: non si comprende, ad esempio, a chi spetti il controllo della qualità dell'acqua in zona urbana e la gestione e risoluzione di eventuali problemi al riguardo.

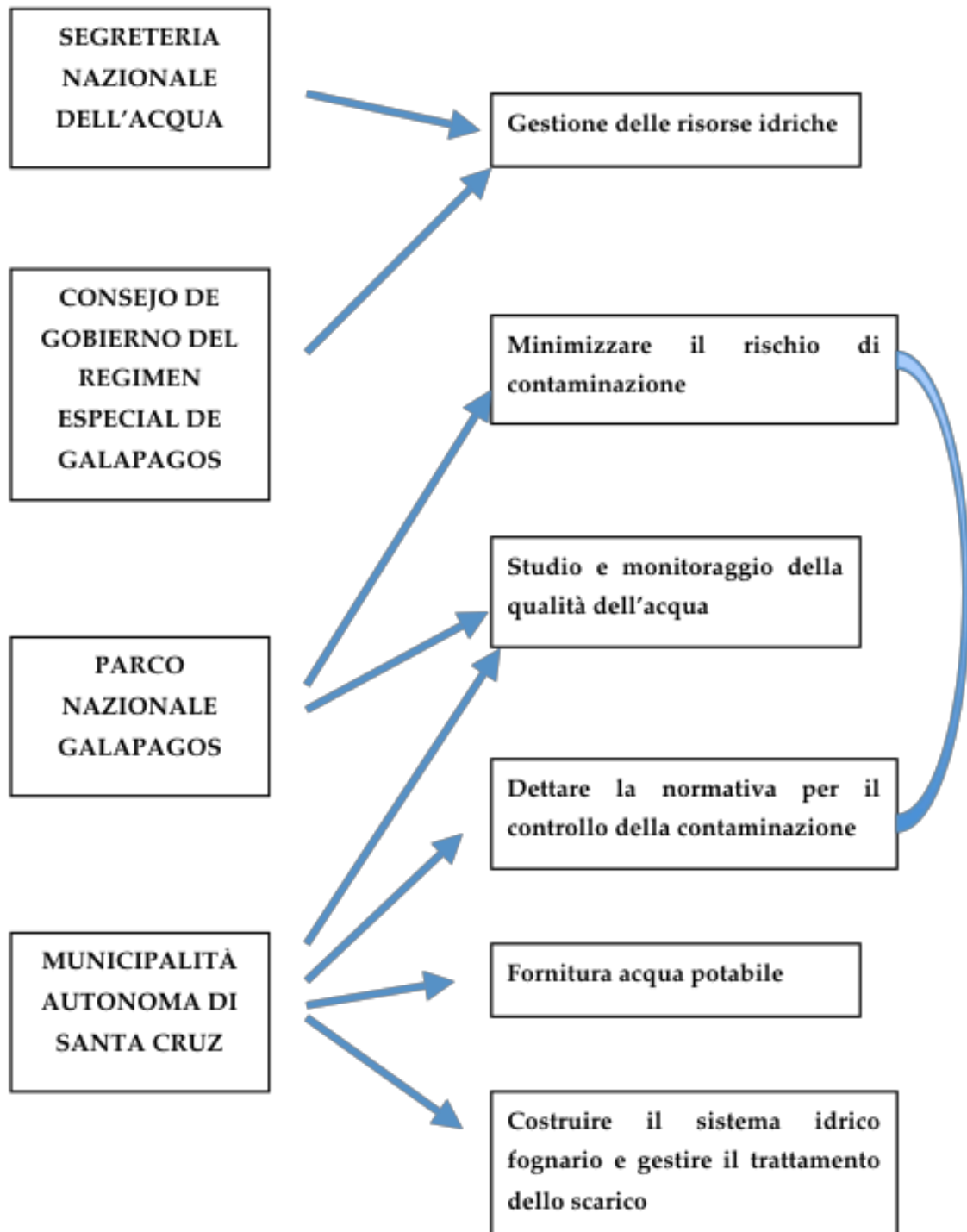


Figura 24. Schema delle sovracompetenze di SENAGUA, DPNG, CGGREG e GADMSC sulla risorsa idrica.(elaborazione propria).

3. STRUMENTI A SUPPORTO DEI PROCESSI DI GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE

Predisporre un piano di gestione delle risorse idriche, fa sì che si debbano prendere, decisioni basate sulle informazioni disponibili. Tuttavia, queste sono spesso insufficienti, incomplete ed incerte e finiscono per compromettere l'efficacia dei processi decisionali.

La valutazione dello stato dei sistemi idrici e dell'impatto esercitato su di essi dalle pressioni, sia antropiche che naturali, richiede la definizione di metodologie e modelli in grado di supportare lo sviluppo di efficaci sistemi di elaborazione dei dati raccolti e delle informazioni. È importante però migliorare anche l'integrazione tra il processo di produzione delle informazioni e i processi decisionali.

Un'adeguata gestione necessita, quindi, di strumenti di supporto all'elaborazione e all'analisi dei dati ambientali. Una corretta interpretazione e valutazione delle attività di monitoraggio e controllo, infatti, permette una miglior comprensione dello stato della risorsa e poiché la mole di dati da gestire è notevole, ci si avvale di strumenti informatici che possono facilitare i processi di gestione da parte delle amministrazioni ed enti competenti e operanti nel settore.

In quest'ottica, il ricorso a banche dati ed a software *Geographic Information System* (GIS) e la gestione integrata delle informazioni rappresentano attività di primaria importanza.

Nel presente capitolo, quindi, saranno descritti gli strumenti informatici ritenuti maggiormente idonei alla comprensione e gestione delle risorse idriche nell'isola di Santa Cruz. Pertanto saranno introdotte la definizione e le funzionalità di un database, nucleo portante di un'infrastruttura dati territoriale (IDT, in inglese SDI, *Spatial Data Infrastructure*). Permette la gestione di una notevole quantità d'informazioni, anche spazialmente riferite, consentendo di analizzare le relazioni spaziali (relazioni legate alla localizzazione relativa dei veri oggetti in esame). Inoltre, i dati georeferenziati possono essere elaborati attraverso software GIS facilitando la comprensione del sistema.

3.1 Database e Infrastruttura dati

Un database è una raccolta di dati correlati tra loro e le caratteristiche principali sono (Elmasri e Navathe, 2011):

- Un database rappresenta alcuni aspetti del mondo reale;
- Un database è un insieme logicamente coerente di dati con un significato intrinseco (un assortimento casuale di dati non può essere correttamente definito come un database);
- Un database è progettato, costruito e compilato con dati per uno scopo specifico: è indirizzato a un gruppo definito di utenti e alcune applicazioni sono concepite a seconda dell'interesse dell'utente.

Una raccolta dati può essere generata e mantenuta manualmente o può essere computerizzata (Figura 25). In questo'ultimo caso si parla di *Database Management System*.

Il DBMS è un sistema software multiuso che agevola i processi di definizione, costruzione, manipolazione e condivisione di un database tra i vari utenti e le applicazioni, i quali possono accedere contemporaneamente (Elmasri e Navathe, 2011).

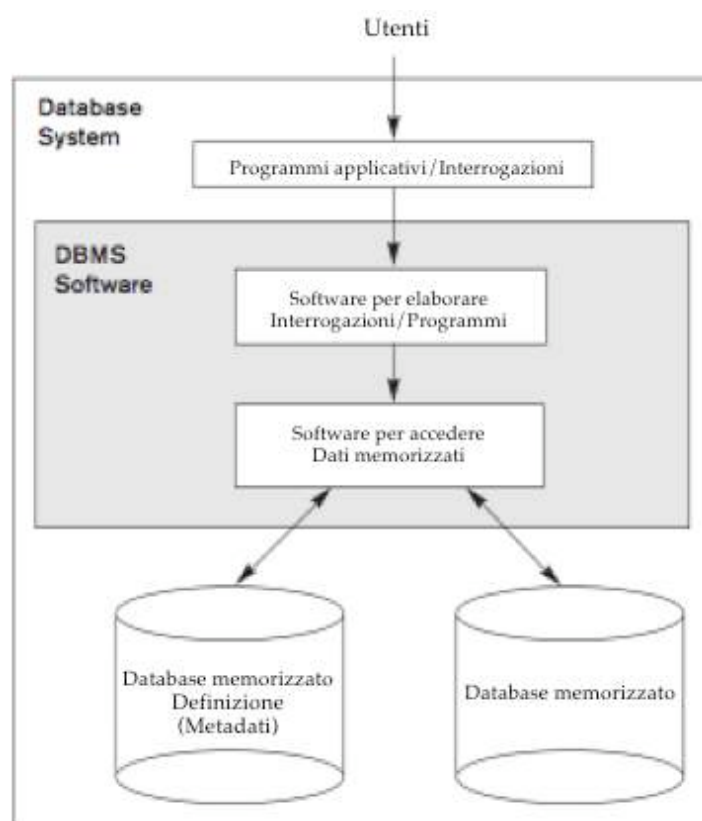


Figura 25. Schema semplificato del sistema di database (Elmasri e Navathe, 2011).

È uno strumento in grado di (Furieri, 2012):

- archiviare in modo sicuro ed affidabile una notevole mole di dati complessi e altamente strutturati;
- selezionare ed elaborare i dati in maniera rapida ed efficace;
- gestire contemporaneamente centinaia o anche migliaia di dati; incrociare i dati contenuti in più tabelle, purché ci siano delle connessioni logiche tra le diverse informazioni.

Quando un DBMS permette la gestione d'informazioni spaziali, prende il nome di *Spatial* DBMS. Un sistema che, oltre ad archiviare e selezionare le informazioni geografiche, è in grado di svolgere complesse elaborazioni spaziali.

I database sono fondamentali anche per comprendere e gestire un'infrastruttura dati territoriale (IDT). Un'IDT è "la tecnologia, le politiche, gli standard, le risorse umane e le attività connesse necessarie per acquisire, elaborare, distribuire, utilizzare, mantenere e conservare i dati spaziali" (The White House, 2002).

Le componenti software di base di un'IDT sono (Steiniger e Hunter, 2012):

- *software client*: per visualizzare, interrogare e analizzare dati spaziali;
- *catalogue service*: per la scoperta, navigazione e interrogazione di metadati, servizi spaziali o set di dati spaziali;
- *spatial data service*: per consentire la fornitura di dati attraverso internet;
- *processing services*: per elaborare i dati (ad esempio, trasformare i dati e le proiezioni);
- *(spatial) data repository*: per memorizzare dati (ad esempio, un database spaziale)
- *GIS software (client or desktop)*: per creare e aggiornare dati spaziali.

Per rendere funzionale un'IDT sono necessari accordi istituzionali e una serie di standard tecnici (nazionali o internazionali) che consentano l'interazione tra le diverse componenti (Steiniger e Hunter, 2012; Bocher e Neteler, 2009).

La realizzazione e l'attivazione di un'IDT hanno lo scopo di rendere omogenei e condivisibili i dati. In campo ambientale è importante gestire i dati georeferenziati, affinché questi siano di supporto alle politiche ambientali o

qualsiasi attività che possa avere ripercussioni sull'ambiente. Questa infrastruttura dati permettere la condivisione dell'informazione territoriale e del monitoraggio ambientale tra gli enti e le amministrazioni territoriali competenti nei vari settori. Inoltre, è importante anche perché serve a evitare duplicazioni di dati, in modo tale che se un ente li ha già raccolti e/o elaborati tutti gli altri possono vederli e non si spreca del tempo per svolgere la medesima attività.

L'importanza dell'uso di un'IDT nella gestione dei dati è espressa anche nella Direttiva Europa INSPIRE 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio del 14 marzo 2007. Istituisce un'infrastruttura per l'informazione territoriale in Europa a supporto delle politiche ambientali comunitarie e di politiche o attività che possono impattare sull'ambiente (Commissione europea, 2013).

“INSPIRE (*IN*frastructure for *SP*atial *Info*Rmation in Europe) si basa sulle infrastrutture per l'informazione spaziale create e gestite dai 27 Stati Membri dell'Unione Europea” (INSPIRE, 2013). Ogni Stato dell'UE, quindi, deve implementare una propria IDT.

Per garantire la compatibilità e l'uso in un contesto comunitario e transfrontaliero delle IDT, INSPIRE definisce le regole per la realizzazione delle IDT nei vari paesi dell'UE, che fanno riferimento a standard e specifiche tecniche. I principali standard sono quelli della ISO/TC 211 e dell'*Open Geospatial Consortium*.

La Direttiva specifica anche la tipologia di dati geografici, metadati e servizi che dovranno essere disponibili e, in particolare, per quanto riguarda i (Direttiva 2007/2/CE):

- dati geografici: le categorie più importanti sono sistemi di coordinate, sistemi di griglie geografiche, toponimi, unità amministrative, indirizzi, parcelle catastali, reti di trasporto, idrografia, siti protetti;
- metadati: devono riguardare sia i dati che i servizi;
- servizi: secondo l'art. 11 per servizi s'intendono web service e applicazioni informatiche che servono alla ricerca dei dati disponibili, alla consultazione, allo scarico di copie di dati, alla conversione e al richiamo di altri servizi.

La direttiva che ha istituito INSPIRE, è stata recepita nell'ordinamento italiano con il decreto legislativo del 27 gennaio 2010, n. 32 che delinea la *governance* per lo sviluppo e la gestione dell'infrastruttura nazionale per l'informazione territoriale e del monitoraggio ambientale in ambito INSPIRE e ha trasformato l'Ex Portale Cartografico Nazionale nell'attuale Geoportale nazionale, consentendo agli interessati l'accesso e la disponibilità delle informazioni territoriali e ambientali (MATTM, 2013).

Il Decreto assegna il compito di autorità per il collegamento con la rete europea d'informazione e di osservazioni in materia ambientale, al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

3.2 Sistema Informativo Geografico

Un sistema informativo territoriale (SIT, o GIS, *Geographic Information System*) estende tale capacità, permettendo la memorizzazione delle informazioni territoriali e della loro componente spaziale.

Con la nascita dei GIS, infatti, si sono potuti unire gli aspetti di organizzazione e gestione dell'informazione e quelli della rappresentazione degli elementi territoriali, la loro spazialità e le informazioni a esse associate (Graci e Sedazzari, 2012).

Un GIS è definito come uno strumento software che permette l'acquisizione, l'elaborazione, l'analisi, la memorizzazione e la rappresentazione delle informazioni territoriali georeferenziate (Borrough, 1986; Chorley, 1987).

Un GIS permette d'interagire con l'informazione geografica secondo tre diversi approcci:

- 1) Geodatabase: un GIS è basato su un database contenente set di dati (raster, attributi, network, etc.) che permettono di rappresentare il mondo in termini spaziali/geografici. Gli elementi rappresentano la realtà geografica grazie alla geometria specificata e se hanno delle caratteristiche comuni sono raggruppati in classi. Queste tipologie possono essere suddivise su base vettoriale (punti, linee e poligoni), raster (immagini e modelli) o in rilievi topografici. Gli elementi grafici, infatti, possono essere rappresentati da due principali formati di dati:
 - il formato vettoriale: organizzato secondo punti, linee e poligoni (Figura 26). Il ridotto insieme d'informazioni che è necessario memorizzare nei formati vettoriali li rende vantaggiosi perché occupano meno spazio disco. Inoltre, queste geometrie sono facilmente modificabili essendo sufficiente correggere solo alcuni vertici.

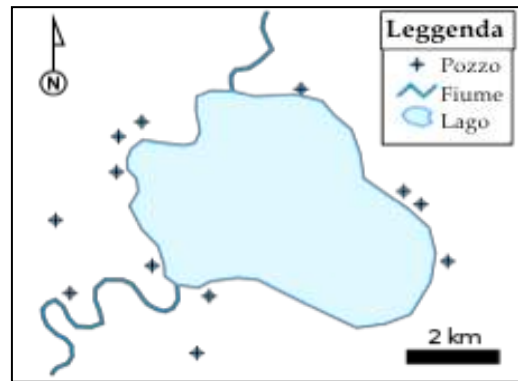


Figura 26. Esempio di dati che possono essere rappresentati in formato vettoriale.

- Il formato raster: l'informazione è memorizzata in griglie omogenee di elementi (celle) ai quali è associato un valore significativo. Le informazioni sono, quindi, organizzate in matrici regolari di celle, che costituiscono l'unità minima per la quale l'informazione è distinguibile (pixel). In questo modo si ha una tassellazione regolare del territorio. Solitamente si usa il formato raster per l'analisi e la modellizzazione di fenomeni che variano in modo continuo nello spazio (Figura 27).

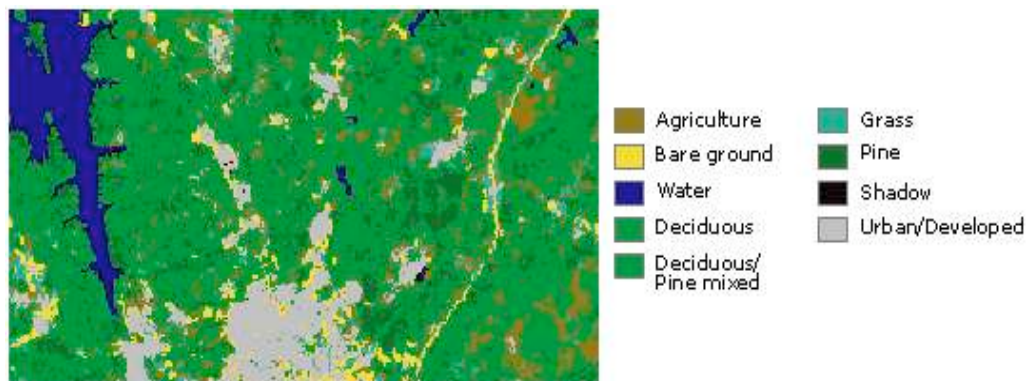


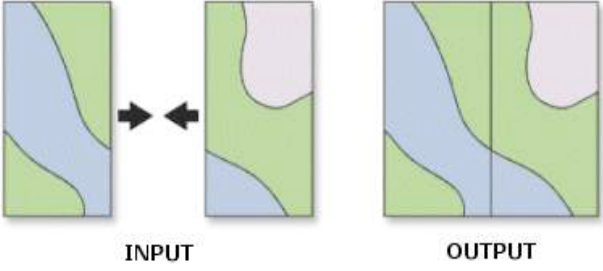

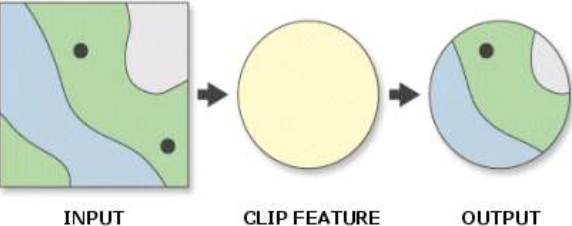
Figura 27. Esempio di una mappa raster rappresentante l'uso del suolo. In marrone sono indicate le aree destinate all'uso agricolo, in ocra le aree di terreno incolto, in blu le risorse idriche, in verde le piante decidue, nisto pino, in verde acqua le specie erbacee, in verde scuro le pinete, in nero le zone in ombra e in grigio le aree urbanizzate.

Inoltre, le caratteristiche degli oggetti sono descritte in tabelle di attributi, che contengono l'informazione descrittiva degli oggetti geografici.

- 2) Geovisualizzazione: un GIS permette di creare delle rappresentazioni geografiche complete e complesse (mappe), nelle quali sono visualizzati gli elementi e le loro relazioni spaziali sulla superficie terrestre. Le mappe costruite con un GIS sono mappe interattive che permettono l'esplorazione, l'ingrandimento e la selezione dei layer (ovvero i livelli tematici dei dati geografici).

3) Geoprocessing: un GIS è un insieme di strumenti operativi che consentono l'analisi geografica, l'elaborazione delle informazioni e la generazione di nuovi set di dati.

Nella tabella 3 sono descritti gli strumenti di *geoprocessing* più comunemente usati (ESRI). Sono solo degli esempi, ma possono servire a far capire la moltitudine di operazioni complesse che si possono formulare con ArcGIS e che permettono di visualizzare ed elaborare le informazioni più affini all'attività in esame.

STRUMENTO	DESCRIZIONE	ESEMPIO
Append	Unisce più layer insieme per creare una singola entità.	 <p style="text-align: center;">INPUT OUTPUT</p>
Buffer	Permette di definire delle aree di rispetto i cui confini sono determinati dai punti a distanza prefissata dalle caratteristiche rispetto alle quali sono generati.	 <p>La zona in verde tratteggiata corrisponde ad un'area di rispetto di 300 metri attorno al fiume.</p>
Clip	È uno strumento di analisi usato per estrarre una caratteristica o una parte di questa da un'entità. Questo strumento usa un confine poligonale per tagliare le caratteristiche ed attributi di una classe geografica.	 <p style="text-align: center;">INPUT CLIP FEATURE OUTPUT</p>

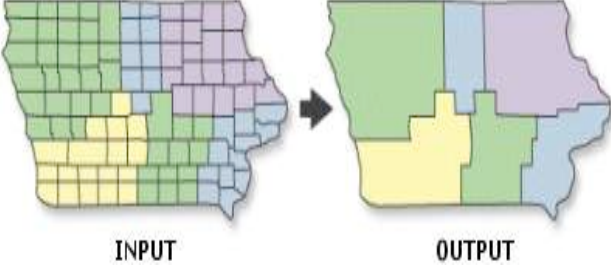
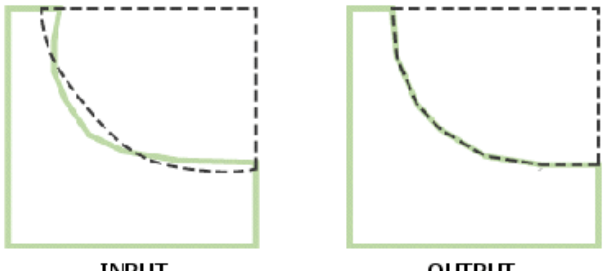
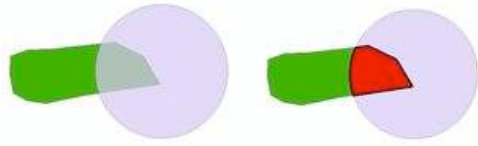
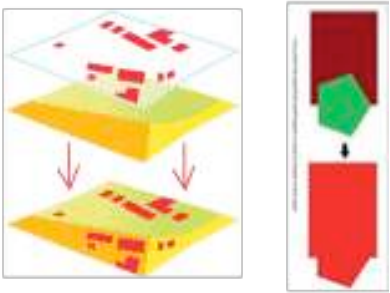
STRUMENTO	DESCRIZIONE	ESEMPIO
Dissolve	Questo strumento combina caratteristiche simili basate su uno o più specifici attributi.	 <p style="text-align: center;">INPUT OUTPUT</p>
Integrate	Mette a confronto le classi e rende identici o coincidenti eventuali linee o vertici che si trovano entro una certa distanza uno dall'altro.	 <p style="text-align: center;">INPUT OUTPUT</p>
Intersect	Operazione che si usa per selezione qualsiasi parte di una caratteristica che si interseca con una o più altre caratteristiche.	 <p>Quando due poligoni sono intersecati, si produce un terzo poligono che copre solo l'area dove i due poligoni originali si sovrappongono.</p>
Union	Processo analitico durante il quale due o più layer sono uniti in un unico layer composito. Union include i dati provenienti da tutti i layer uniti; quindi, vengono unite sia le aree sovrapposte che non sovrapposte.	

Tabella 3. Gli strumenti di geoprocessing più comunemente usati.

La rappresentazione e l'elaborazione delle informazioni sono condizionate dalla sovrapposizione dei diversi strati informativi (*layer*). In base all'ordine di visualizzazione dei layer si possono avere una rappresentazione e una comunicazione diversa, che assume anche significati differenti, dando più o meno importanza alle informazioni.

Una delle operazioni più comuni e basilari all'interno di un GIS è selezionare o interrogare elementi di un layer o di una tabella; localizzando, ad esempio, sulla mappa un aspetto che presenti determinati valori di attributo o identificando gli elementi che siano in un preciso rapporto spaziale con altri.

Gli scopi dei GIS però non si possono limitare alla sola conoscenza e rappresentazione del territorio attraverso semplici chiavi di lettura, ma sono anche rivolti alla costruzione di modelli interpretativi di problematiche reali e alla conseguente elaborazione e produzione di una nuova informazione, diventando fondamentali nei processi di supporto alle decisioni (Graci e Sedazzari, 2012).

I campi di applicazione dei software GIS sono numerosi; come, ad esempio, la pianificazione territoriale e urbanistica, il monitoraggio e la gestione delle risorse naturali e la valutazione ambientale.

La rappresentazione e lo studio delle relazioni spaziali di oggetti sulla superficie terrestre è di fondamentale importanza in campo ambientale e per la gestione delle risorse naturali, comprendendo anche le loro interazioni con i fenomeni e gli impatti, sia naturali che antropici.

Un GIS, infatti, aiuta a visualizzare su mappa le aree d'interesse e a capire le relazioni spaziali che possono esserci tra le cause di un impatto e le sue conseguenze.

3.3 Decision Support System

In molti settori, tra cui quello ambientale, sono presenti problemi complessi la cui analisi richiede l'elaborazione e integrazione di molti dati, per cui è utile avere strumenti di supporto. Approcci alla risoluzione efficace di questi problemi possono implicare lo sviluppo di *Decision Support System* (DSS, o SSD, Sistema di Supporto alle Decisioni).

Il concetto di DSS è estremamente ampio e le sue definizioni variano a seconda del punto di vista dell'autore. Secondo Sol et al. (1987), un DSS è "un sistema d'informazione computerizzato, interattivo, flessibile e adattabile, con il fine di supportare la soluzione di un problema di gestione non strutturata per migliorare il processo decisionale".

I DSS, infatti, possono aiutare a rispondere a questioni gestionali e a scegliere tra azioni alternative, oltre a permettere l'integrazione di diversi tipi d'informazioni e consentire le operazioni di analisi, visualizzazione, simulazione e memorizzazione delle informazioni (Gatchett, 2009). Le tipologie d'informazione che possono essere disponibili e alle quali si ha accesso con un DSS, includono metadati, mappe e dati. Queste informazioni possono essere contenute in un database o in un GIS.

Da un punto di vista tecnico, invece, la struttura di base di un DSS (Figura 28) comprende (Sprague e Carlson, 1982):

- *Database Management System (DBMS)*: memorizza l'informazione;
- *Model Base Management System (MBMS)*: gestisce rappresentazioni di eventi, fatti o situazioni;
- *Dialog Generation and Management System (DGMS)*: è la componente che consente all'utente di interagire con il sistema.

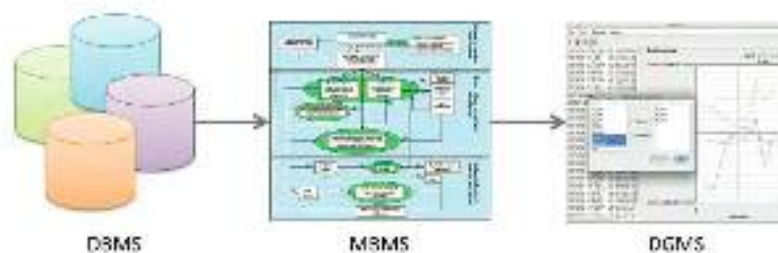


Figura 28. Struttura di un DSS.(Fonte: Sprague and Carlson, 1982).

Per comprendere al meglio il significato e l'uso di un DSS è importante definire un'altra parola chiave: "decisione". È "una scelta tra alternative", rappresentanti opzioni di intervento a seguito di diverse ipotesi, tra cui una scelta è auspicabile sulla base di alcuni criteri specifici (Feoli et al., 2008).

Stabilire alternative è il primo passo di un processo decisionale. A questo proposito, importante è la scelta dei criteri, ovvero i parametri che si utilizzano per la valutazione e l'analisi di un oggetto. Questi criteri possono agire positivamente o negativamente a favore di una specifica possibilità. La risultante classifica è condizionata dalla scelta dei criteri e dal peso dato (Feoli et al., 2008). Quindi, un'alternativa "appropriata/idonea" non è detto che sia la miglior scelta in assoluto, ma la migliore che possa essere adottata in un particolare e definito contesto.

I sistemi di supporto alle decisioni, quindi, sono una classe di sistemi informativi computerizzati o sistemi basati sulla conoscenza che supportano le attività di processo decisionale; uniscono le risorse intellettuali degli individui con le capacità del computer per migliorare la qualità delle decisioni.

I DSS, infatti, sono un supporto per i responsabili delle decisioni e permettono di utilizzare dati e modelli per risolvere dei problemi.

A seconda del supporto e dell'approccio dato, si possono distinguere tre tipologie di DSS (Haettenschwiler, 1999):

- DSS passivo: sistema che aiuta il processo decisionale, ma non evidenzia espliciti suggerimenti o soluzioni;
- DSS attivo: sistema che può far emergere tali suggerimenti o soluzioni decisionali;
- DSS cooperativo: permette al decisore di modificare, completare o perfezionare i suggerimenti decisionali previsti dal sistema, prima di inviarli al sistema per la convalida.

Inoltre, da un punto di vista concettuale un DSS può essere diviso in cinque classi (Power, 2002):

- *Communication-driven DSS*: si basa su attività di collaborazione e supporta più di una persona che lavora su un obiettivo condiviso.
- *Data-driven DSS*: sottolinea l'accesso e la manipolazione di serie temporali di dati aziendali. Questo tipo di DSS si basa su grandi database, i cui dati sono esaminati attraverso tecniche di estrazione dei dati al fine di ricavare le decisioni corrette.
- *Document-driven DSS*: gestisce, recupera e manipola le informazioni non strutturate in una varietà di formati elettronici.
- *Knowledge-driven DSS*: consiglia e suggerisce azioni ai dirigenti, fornendo competenze specializzate nel *problem-solving*.
- *Model-driven DSS*: usa dati e parametri forniti dagli utenti di un DSS per aiutare i decisori ad analizzare una situazione.

3.3.1 Spatial Decision Support System

I processi decisionali per la gestione delle risorse ambientali sono complessi e richiedono informazioni da molte discipline. Economia, studi sociali, scienze ambientali, ingegneria, statistica e tecnologia dell'informazione potrebbero offrire strumenti per la definizione di alternative e per selezionare la soluzione migliore.

Tuttavia, i ruoli maggiori nei processi decisionali sono giocati dai responsabili politici e dalle parti interessate (*stakeholders*), che hanno bisogno d'informazioni tecniche da tutte le discipline rilevanti, ma non sono esperti in alcune o in tutte queste.

La gestione ambientale, infatti, richiede ai decisori di integrare informazioni tecniche eterogenee con valore e giudizio (Agostini et al., 2004).

I sistemi di supporto alle decisioni spaziali (SDSS, *Spatial Decision Support System*) sono esplicitamente progettati per fornire all'utente un supporto ad un processo decisionale ambientale permettendo l'analisi d'informazioni geografiche (Densham, 1989).

Gli SDSS sono un caso particolare di DSS, perché richiedono una componente ulteriore, ovvero un GIS (Feoli et al., 2008). È indispensabile utilizzare questa tipologia di software poiché in esso sono memorizzate tutte le informazioni cartografiche necessarie.

Per quanto riguarda gli aspetti tecnici, i DSS e SDSS hanno in comune le seguenti componenti: database, analisi dei dati, sistemi esperti, valutazione multicriteriale e l'interfaccia utente.

Inoltre, a causa della natura complessa dei problemi spaziali, uno SDSS deve avere delle capacità e funzioni aggiuntive che permettano di (Densham, 1989):

- *Fornire meccanismi per l'input di dati spaziali;*
- *Rappresentare le complesse relazioni spaziali e le strutture che sono comuni in questa tipologia di dati;*
- *Includere tecniche analitiche uniche per le analisi geografiche (processo che aiuta a trovare risposte o soluzioni a particolari problemi geografici);*
- *Ottenere output in una varietà di forme spaziali.*

L'applicazione di SDSS dovrebbe seguire un processo decisionale sulla linea di quello di un DSS; quindi si potrebbe definire (Feoli et al., 2008):

- DSS: è una combinazione d'informazioni, tecnologie e strumenti progettati per classificare possibili alternative allo scopo di scegliere la più appropriata.
- SDSS è una combinazione d'informazioni, tecnologie e strumenti progettati per localizzare in modo ottimale le alternative scelte con l'aiuto di un DSS.

Nel settore della gestione delle risorse idriche, un esempio di SDSS è il *WaterStrategyMan DSS* della PROGEA (Progea, 2013).

È un sistema completo di supporto alle decisioni per le scelte in materia di pianificazione, allocazione dell'acqua e gestione dei servizi idrici ed è rivolto alle agenzie ed enti istituzionali responsabili della pianificazione delle acque e agli operatori della gestione idrica integrata, in accordo con la Direttiva Europea 2000/60.

WaterStrategyMan DSS è in grado di schematizzare il sistema idrico di un'intera regione attraverso una rete di nodi e collegamenti che rappresentano le utenze esistenti, le risorse disponibili, gli impianti di trattamento delle acque reflue e di produzione di energia elettrica (Figura 29).

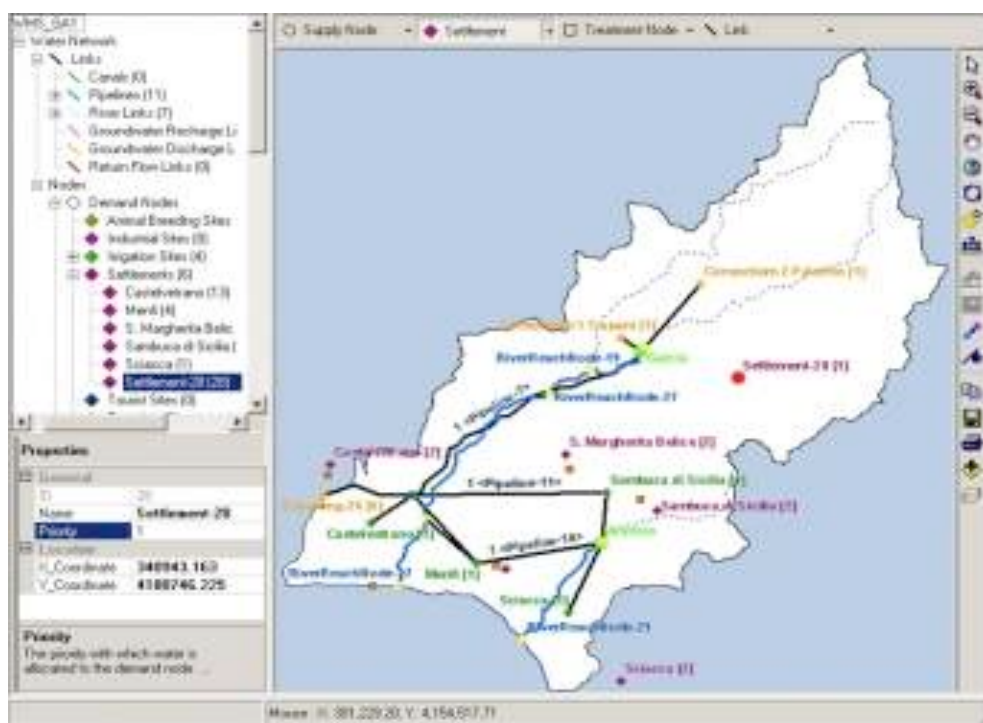


Figura 29. Esempio di visualizzazione del DSS di Progea.

Tale modellizzazione della rete consente di stimare la quantità d'acqua necessaria per soddisfare la domanda esistente e futura, di determinare quali

siano gli interventi più adatti da realizzare e le tempistiche, e di valutarne l'incidenza in termini economici.

Questo è solo un esempio di DSS incentrato sul settore idrico, ma permette di capire quali siano le informazioni di base necessarie allo sviluppo di un DSS completo e le potenzialità di un simile strumento per la gestione delle risorse idriche.

In conclusione nella seguente figura (Figura 30) è mostrato uno schema riassuntivo degli strumenti informatici a supporto dei processi di gestione delle risorse idriche, ritenuti adatti alla comprensione, analisi e gestione delle acque nell'isola di Santa Cruz. In particolare, solo le prime due componenti sono già state create per il caso di studio in esame, come sarà descritto nel dettaglio nel capitolo 4. L'ultima componente (SDSS), invece, non è stata ancora sviluppata.

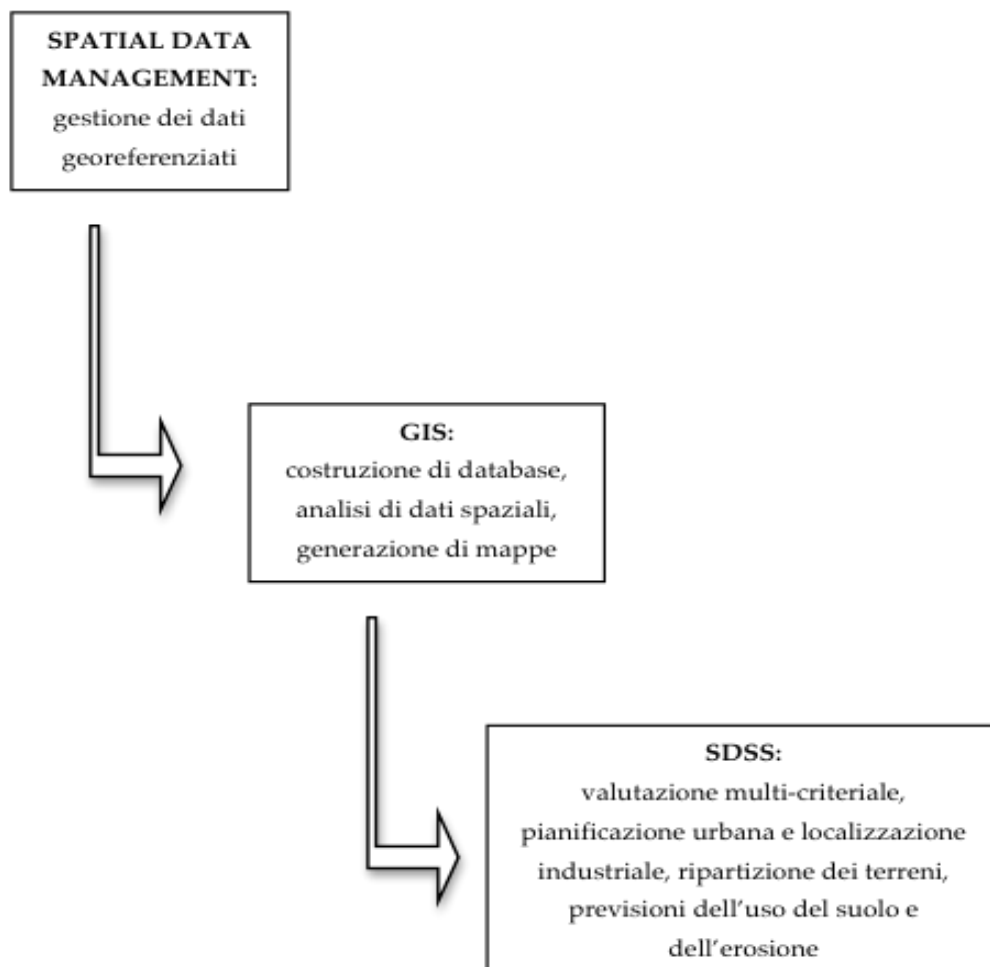


Figura 30. Schema riassuntivo degli strumenti informatici di supporto per la gestione della risorsa idrica.

4. CASO DI STUDIO: LA GESTIONE DELLE RISORSE IDRICHE NELL'ISOLA DI SANTA CRUZ

Le risorse idriche nell'isola di Santa Cruz sono state scelte come caso di studio perché ad esse sono legati numerosi problemi di salute della popolazione, dovuti alla mancanza di un'adeguata gestione.

Le difficoltà legate all'acqua si riscontrano sia a livello tecnico, e in particolare nella modalità dei campionamenti e nella gestione dei dati rilevati, che a livello amministrativo, causa scarsa condivisibilità delle informazioni tra le amministrazioni ed enti operanti nel settore.

L'obiettivo del lavoro svolto, infatti, è la comprensione del sistema idrico per aiutare, grazie al supporto tecnico-scientifico basato sugli strumenti informatici descritti nel capitolo precedente, le amministrazioni locali nella gestione della risorsa. Tale supporto consiste sostanzialmente nello sviluppo di un database e nella visualizzazione di mappe in GIS dei punti rilevati, come strumenti proposti a supporto della gestione, ritenendoli utili e adeguati per lo studio e analisi del sistema idrico dell'isola di Santa Cruz.

In questo capitolo si riportano le fasi del caso di studio, dal reperimento dei dati alle successive elaborazioni e analisi. Le attività sono prevalentemente rappresentate da digitalizzazione e riorganizzazione dei dati storici e rilievo, tramite tecnologia GPS, delle risorse idriche dell'isola. Le fasi successive si basano sullo sviluppo di un database e di mappe in ambiente GIS.

La prima fase è consistita nella raccolta e nella digitalizzazione dei dati già esistenti dei monitoraggi ambientali sulla matrice idrica. A questa si sono aggiunte delle indagini qualitative consistenti nella raccolta d'informazioni orali riguardanti le fonti d'acqua potabile dell'isola (*grietas* e *tanques*), sugli scarichi e su alcuni punti costieri dell'area marina.

Nella seconda fase si sono elaborati i dati esistenti per sviluppare un database che permettesse di visualizzare le relazioni tra i dati e di avere un sistema ordinato e completo delle informazioni in essere sulle risorse idriche. Questo database è stato pensato e sviluppato affinché venga condiviso e aggiornato dagli enti insulari operanti e aventi competenza nel settore idrico. In questa fase

sono emerse delle problematiche legate alla coerenza dei dati storici che hanno portato all'elaborazione di grafici e statistiche per la comprensione della qualità dei dati raccolti.

La terza fase consiste nella realizzazione di mappe in un sistema informativo geografico per cercare di visualizzare le relazioni spaziali legate alle risorse idriche, consentendo la comprensione spaziale del territorio insulare.

Infine, nella quarta fase è stato stimato il carico organico per cercare di comprendere al meglio le relazioni tra l'inquinamento idrico e le possibili fonti. Questa fase, a differenza delle altre che si sono in alcuni casi svolte in parallelo e la maggior parte sono iniziate durante la permanenza sull'isola di Santa Cruz, si è sviluppata successivamente.

4.1 Fase I: Raccolta e digitalizzazione dei dati

In questo paragrafo saranno illustrati i passaggi della prima fase, dal reperimento dei dati alla loro digitalizzazione e inserimento in un foglio di calcolo Excel.

L'obiettivo era raccogliere e ottenere più informazioni possibili sui monitoraggi della matrice idrica per poi comprendere e cercare delle correlazioni tra le fonti d'acqua potabile e l'inquinamento idrico.

4.1.1 I dati storici dei monitoraggi ambientali

La prima fase operativa, svolta nell'agosto 2012 presso la città di Puerto Ayora, è consistita nel reperimento dei dati e del materiale bibliografico delle analisi di monitoraggio sulla matrice idrica.

Nella tabella 4, sono schematizzate le informazioni riguardanti la fonte dei dati, gli anni di analisi dei monitoraggi, i parametri analizzati e il riferimento bibliografico. Tuttavia esistono altri dati in materia, ma non è stato possibile recuperarli causa la non divulgazione e condivisione dei risultati ottenuti.

FONTE DATI	ANNO MONITORAGGI	NUMERO ED ELENCO PARAMETRI ANALIZZATI	RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
INGALA	Maggio, giugno, agosto e dicembre 1985	16 parametri: temperatura esterna, precipitazioni, pH, torbidità, conducibilità, durezza totale, nitriti, nitrati, solidi totali disciolti, solfati, calcio, cloruri, magnesio, sodio, fosfati, potassio.	OSTROM, 1985

FONTE DATI	ANNO MONITORAGGI	NUMERO ED ELENCO PARAMETRI ANALIZZATI	RIFERIMENTO BIBLIOGRAFICO
PNG	Dal 2005 al 2011, mensilmente o trimestralmente	36 parametri: temperatura esterna, precipitazioni, temperatura acqua, pH, ossigeno disciolto, salinità, torbidità, conducibilità, durezza totale, acetati e grassi, nitriti, nitrati, solfati, calcio, cloruri, sodio, fosfati, cadmio, fenoli, fosforo totale, mercurio, piombo, ammoniacale, tensioattivi, nichel, rame, cromo, zinco, selenio, argento, cianuro, boro, bario, alluminio, coliformi fecali e coliformi totali.	PNG e JICA, 2005; PNG e JICA 2006; PNG e JICA 2007; PNG e JICA 2008; PNG e JICA 2009; PNG e MAE 2010; PNG e MAE 2011
FCD	Giugno 2009	3 parametri: temperatura esterna, precipitazioni, conducibilità	www.darwinfoundation.org/
FCD	Dicembre 2010; Febbraio, marzo e aprile 2011	5 parametri: temperatura esterna, precipitazioni, coliformi totali, E. Coli, Pseudomonas	Liu, 2011
ESPOL	Agosto 2011	26 parametri: temperatura esterna, precipitazioni, temperatura acqua, pH, ossigeno disciolto, salinità, torbidità, conducibilità, durezza totale, materia organica, domanda biologica d'ossigeno, domanda chimica d'ossigeno, acetati e grassi, nitriti, nitrati, solidi totali disciolti, solfati, calcio, cloruri, magnesio, sodio, fosfati, idrocarburi totali del petrolio, idrocarburi policiclici aromatici, coliformi fecali e coliformi totali.	ESPOL, 2011

Tabella 4. Tabella delle fonti dei dati dei monitoraggi ambientali.

Ogni ente, amministrazione o ricercatore che svolge delle analisi sull'isola non condivide i risultati con le altre amministrazioni ed enti operanti nel settore. Ne risulta una non comprensione totale del sistema insulare e la lentezza nel reperimento dei dati, visto anche che la maggior parte delle informazioni si trovano in formato cartaceo o *Portable Document Format* (pdf). Infatti:

- Il PNG produce, dal 2005, due elaborati all'anno: uno sulla qualità dell'acqua marina e uno su quella terrestre.
- La FCD raccoglie le informazioni nelle relazioni e studi dei propri ricercatori: *"Investigazione della qualità batteriologica dell'acqua e delle malattie relazionate all'acqua nell'isola di Santa Cruz"* (Liu, 2011) per citarne uno come esempio.

- L'ESPOL quando esegue delle indagini produce una relazione di consulenza sulle fonti analizzate (*"Relazione di consulenza sull'identificazione delle fonti di contaminazione nell'acqua, aria e suolo nel Canton di Santa Cruz ed elaborazione dei piani di gestione ambientale"*).

L'argomento principale di discussione, infatti, riguarda la mancanza di un'infrastruttura dati unica che permetterebbe una comprensione più ampia del sistema, un veloce e facile reperimento e aggiornamento dei dati e, insieme ad altri fattori, potrebbe aiutare la riuscita di una gestione comune, efficace ed efficiente delle risorse idriche.

4.1.2 La digitalizzazione

L'operazione successiva è stata la digitalizzazione dei risultati dei monitoraggi ambientali, svolti dai vari enti e ricercatori. Il documento mette a disposizione i dati storici in formato elettronico, facilmente e velocemente gestibili e modificabili, un futuro aggiornamento dei dati e l'integrazione di questi in un unico documento.

La creazione di questo singolo documento consente, infatti, una visualizzazione preliminare dei valori dei punti di campionamento, dando una visione d'insieme sulla qualità dell'acqua.

Questo file, denominato *"Metadatos agua"*, è strutturato in 1049 righe e 58 colonne (Figura 31). Le righe rappresentano i campioni del monitoraggio, mentre le colonne indicano il nome del sito (*fuentes*), le coordinate geografiche (X, Y), la data e l'ora del prelievo, le condizioni meteo del giorno (marea, temperatura esterna, pioggia), l'ente che ha svolto le analisi e i valori dei quarantasei parametri fisici, chimici e microbiologici rilevati.

Ci sono, quindi, 46 colonne per i parametri analizzati, ma non tutti i parametri sono stati rilevati da ciascun ente e in ogni sito; per questo motivo nel foglio di calcolo sono presenti numerosi spazi vuoti corrispondenti alle informazioni non rilevate.

I siti nei quali sono stati analizzati più parametri sono la *grieta Ingala/Pampa Colorada*, la *grieta Fundacion Charles Darwin* e il *Pozo Profundo* con, rispettivamente, 39, 32 e 31 parametri esaminati; mentre, i siti meno monitorati sono il *tanque 2* della FCD, il pozzo settico della Latteria *"La Noruega"* e le acque

grigie dell'autolavaggio "El Gran Escape" con 3, 4 e 4 parametri analizzati, rispettivamente.

Salinità, pH, torbidità, ossigeno disciolto, coliformi totali, coliformi fecali e conducibilità sono tra i parametri maggiormente analizzati. Tra i meno si trovano: alluminio, argento, boro, bario, cianuro, ferro, fluoruri, materia organica, selenio, e zinco.

4.1.3 Le criticità

Le criticità emerse nella fase di redazione del foglio hanno riguardato sia l'aspetto pratico della digitalizzazione sia la tipologia di campionamento. In questo sottoparagrafo si porrà particolare attenzione al primo aspetto, mentre il secondo sarà analizzato nel successivo.

Le problematiche riscontrate riguardano principalmente le unità di misura, la presenza di valori preceduti dal simbolo del maggiore/minore e il separatore decimale.

Alcuni parametri sono espressi in unità di misura differenti, non rendendo confrontabili immediatamente i dati delle analisi, e per alcuni dati è stato trovato, prima del valore numerico, il simbolo < o >, ma non conoscendo né la rilevabilità né l'errore dello strumento né lo strumento stesso, non si può interpretare correttamente il dato.

Inoltre, in più report non c'è coerenza nell'uso del separatore decimale. Nella relazione del PNG e JICA del 2008, ad esempio, la maggior parte dei valori dei parametri analizzati sono espressi con il separatore decimale anglosassone, che separa le unità dai decimali con il punto (ad esempio 2.90), mentre i valori del pH e del fosforo totale sono in modalità europea, che usa la virgola (ad esempio 2,90). In alcuni casi, invece, la problematica si riscontra addirittura all'interno della stessa tabella: nella tabella 5.33 del Report di PNG e JICA riepilogativa dei dati sulla torbidità, tutti i valori sono espressi con il separatore decimale anglosassone, mentre uno con quello europeo (PNG e JICA, 2005).

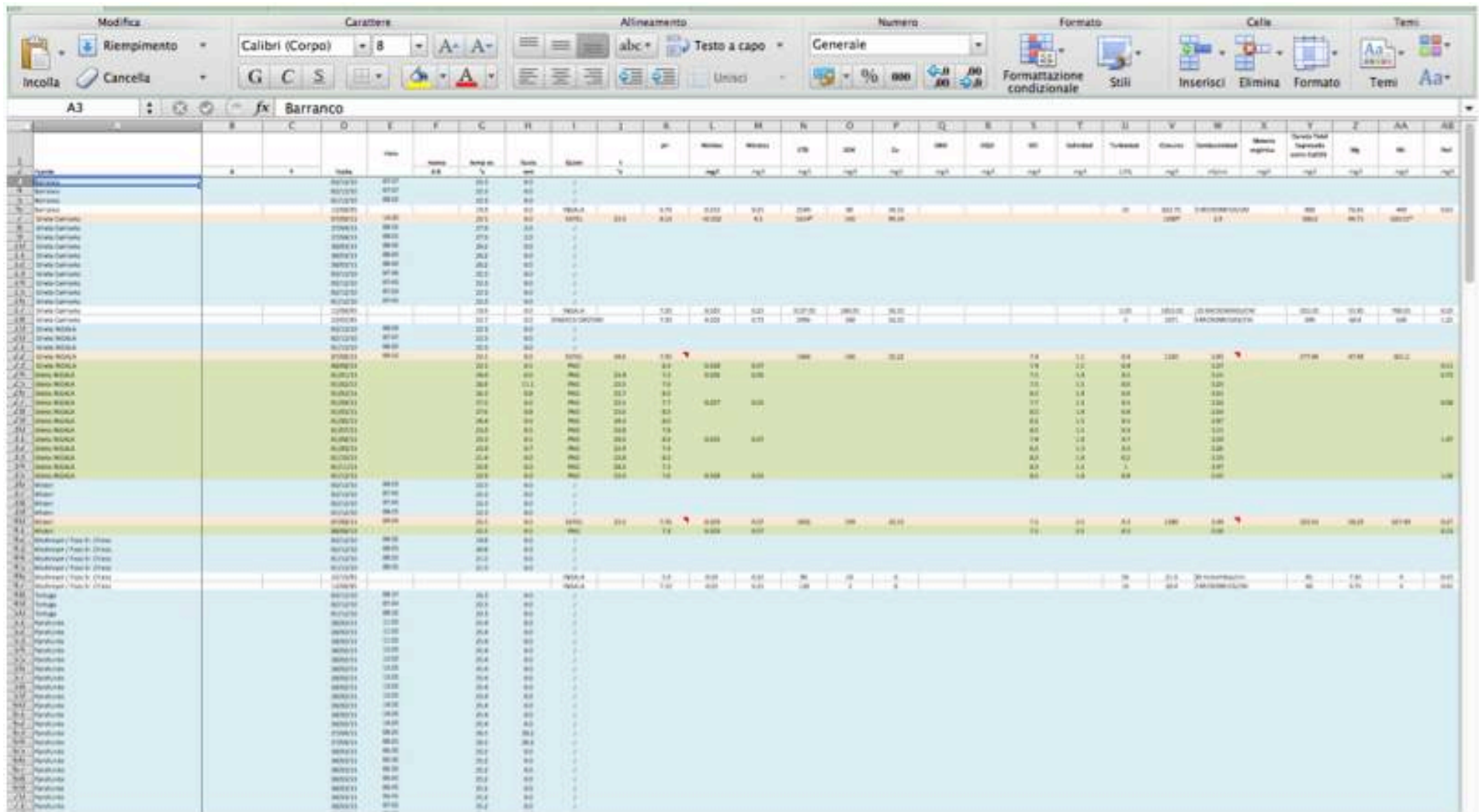


Figura 31. Schermata del foglio di calcolo "Metadatos agua".

È molto probabile sia un semplice errore di battitura e chiunque leggendo la tabella non dovrebbe avere problemi d'interpretazione, ma se le informazioni fossero digitalizzate in un DBMS, sorgerebbero errori di lettura.

Come conseguenza di queste prime operazioni basilari, sono state indette delle riunioni con i tecnici e ricercatori operanti nel settore ambientale nell'isola di Santa Cruz. L'unico aspetto su cui si è riusciti a trovare un accordo riguarda la preferenza per il separatore metrico europeo (sistema adottato dall'INEC), anche se la Fondazione Charles Darwin preferirebbe quello americano per poter pubblicare i risultati su una piattaforma online.

4.1.4 Le modalità di campionamento

Le criticità delle analisi ambientali svolte nell'isola di Santa Cruz riguardano anche la pianificazione e lo svolgimento di una campagna di campionamento.

Nell'isola è assente un vero e proprio laboratorio di analisi. L'unico luogo adibito a questa funzione è del PNG, ma in esso non possono essere svolti tutti i tipi di analisi.

Per quanto riguarda, invece, la tipologia di prelievo è stato osservato, dai dati storici reperiti, che per ogni sito è stato fatto un solo prelievo senza effettuare repliche dei campioni, che permetterebbero di verificare l'accuratezza e valutare la rappresentatività delle analisi (Chimica-cannizzaro, 2008).

Si dovrebbero raccogliere aliquote di campione rappresentative di un'intera colonna o di una superficie acquatica e dei campioni compositi, ("campioni ottenuti per miscele di aliquote raccolte ad intervalli di tempo prestabiliti") per poter valutare e comparare i dati rivenuti (IRSA - CNR, 2013). Infatti, i campioni compositi sono utili nel caso di forti variazioni nel tempo o nel caso in cui sia necessario definire con maggior certezza un valore medio che caratterizzi una variabile dell'ambiente acquatico. Con la raccolta di aliquote di un'intera colonna d'acqua o di una superficie acquatica si può avere una rappresentazione di una variabile con un valore integrato che non dipende direttamente dall'operatore (Chimica-cannizzaro, 2008).

Oltre ai campioni istantanei, sarebbe opportuno fare anche un campionamento "medio": si ottiene un campione da più prelievi effettuati in un dato intervallo

temporale (ad esempio 3, 6, 12, 24 ore) in maniera continua o discontinua (IRSA - CNR, 2013).

Per un sistema di controllo della qualità dei campioni sarebbe anche opportuno considerare sempre l'opportunità di eseguire un "bianco di campo", ottenuto "mediante lo stoccaggio di un'aliquota di acqua ultrapura in un recipiente identico a quello dei campioni, da esporre durante le fasi di prelievo e da sottoporre successivamente a tutte le fasi analitiche previste per i campioni" (chimica-cannizzaro, 2008).

Un altro fattore rilevante è la rappresentatività ambientale, come le condizioni di marea e meteorologiche. Queste variabili sono state spesso trascurate, nonostante assumano un'importanza chiave nell'interpretazione dei risultati. Nella maggior parte dei dati raccolti e a nostra disposizione, non sono state considerate e annotate al momento del prelievo del campione. Per una grande quantità di dati, infatti, non è stata rilevata né la data né l'ora, aspetti che insieme alla posizione geografica del punto di prelievo sarebbero fondamentali. Spesso è stato solo indicato il mese e l'anno, senza specificare altro.

Anche l'aspetto riguardante il rilevamento della posizione geografica ha portato delle complicazioni nell'inserimento dei dati nel foglio di calcolo, perché ci si è accorti che era indicato il nome del luogo del prelievo, ma spesso le coordinate geografiche non erano state riportate o, in alcuni casi, cambiavano nei mesi e negli anni, rendendo i valori non propriamente confrontabili.

Inoltre, dall'analisi dei report dei monitoraggi è emerso che ai singoli campioni non è stato assegnato un codice identificativo. Per questo motivo, è stato elaborato un semplice codice, anche retroattivo, che permettesse di dare un'identità a ogni singolo campione. Il codice per i campionamenti è stato elaborato dopo un'attenta analisi del territorio e delle tipologie dei punti d'interesse.

Il codice con struttura **AÑO00RT000** è composto, in particolare, dai seguenti elementi:

- **AÑO**: anno in cui si preleva il campione;
- **00**: queste cifre andranno sostituite con il mese del prelievo;

- **R:** indica il responsabile del prelievo o chi commissiona i campionamenti. Gli enti che possono essere coinvolti sono il Municipio dell'isola di Santa Cruz (**M**), il Parco Nazionale delle Galápagos (**PNG**), il Consiglio di Governo (**C**), la Segreteria Nazionale dell'acqua (**SENAGUA**), la Fondazione Charles Darwin (**F**) o le università (**U**).
- **T:** indica la matrice su cui viene fatto il campionamento. Quindi, acqua (**Ag**), suolo (**S**) e Aria (**Ai**). Questo codice è stato pensato per un monitoraggio ambientale completo e non solo idrico; per questo motivo è presente una differenziazione per le matrici.
- Alla fine di questa sequenza di lettere e numeri, si pone un numero sequenziale.

Ad esempio, il codice 2005-05-P-Ag-051 sta a significare che il prelievo è stato fatto nel 2005, a maggio, dal PNG, sulla matrice acqua ed è il 51° prelievo dell'anno.

Lo scopo dell'elaborazione del suddetto codice è la creazione di uno schema per i campionamenti futuri, in modo tale che leggendo il codice si riesca già ad avere alcune informazioni. Inoltre, è utile anche nell'ottica dello sviluppo del database che permette di lavorare su codici standardizzati condivisi da tutti gli enti, poiché in questo modo ogni organizzazione potrà inserire i suoi dati e visualizzare quelli degli altri sapendo quando, su che matrice e da chi sono stati prelevati.

4.1.5 Il rilevamento GPS

L'analisi delle coordinate geografiche, effettuata nel corso della digitalizzazione dei dati già disponibili, ha fatto emergere diversi errori: le coordinate registrate non risultavano corrette (ad esempio alcune cisterne erano collocate sul lato errato della strada).

Si è optato per procedere con attività di rilievo, tramite tecnologia GPS, che ci permettessero di ottenere dei dati correttamente georeferenziati.

L'attività di rilievo in campo è stata guidata e affiancata dai tecnici delle istituzioni isolate (Municipio, SENAGUA e MAGAP), che ci hanno permesso di rilevare i siti potenziali per analisi future, basandoci sui luoghi indicati nelle

analisi finora svolte. Sono state organizzate, quindi, numerose uscite per recarsi presso i 53 siti d'interesse. Va precisato che non è stato possibile, per mancanza di alcune autorizzazioni, raccogliere tutte le informazioni geografiche di tutti i punti precedentemente rilevati e, in particolare, mancano le coordinate di 7 siti. Anche in questa fase è stato creato un sistema di codici identificativi per i siti di rilievo dei punti. La struttura (XY000) è stata elaborata pensando a un codice che desse una rilevanza immediata sulla zona del prelievo e sulla tipologia d'acqua analizzata. Infatti:

- la **X** del codice diventa una **S** se il prelievo è stato fatto nella zona secca (Puerto Ayora) o una **H** se nella zona umida dell'isola (Bellavista, Santa Rosa e altre aree della zona agricola);
- la **Y**, invece, viene sostituita da: la lettera **B** se è un impianto di trattamento e stoccaggio dei rifiuti; la **D** se il prelievo viene effettuato in punti di scarico e in pozzi settici; la **G** se il prelievo avviene nelle *grietas*; la **M** se i campioni vengono prelevati in aree marine; la **P** se è un impianto di trattamento e potabilizzazione dell'acqua; la **R** per i rii temporanei e la lettera **T** se nelle cisterne di raccolta dell'acqua (*tanques*), compresi quelli collegati direttamente a una *grieta*.
- Alla fine di questa serie di lettere, si pone un numero sequenziale.

Ad esempio, il codice SG006, indica che il campionamento è stato fatto in una *grieta* della zona secca. Successivamente si dovrà andare a vedere a che sito in particolare corrisponde il numero 006.

Questo codice è da considerarsi fisso. Ad ogni sito è assegnato un codice e tale deve rimanere negli anni.

Nell'allegato 2 sono riportati i codici identificativi dei siti d'interesse.

4.2 Fase II: Sviluppo del Database

La seconda fase consiste nello sviluppo di un database che permette di visualizzare le relazioni tra i dati e di avere un sistema ordinato e completo delle informazioni in essere sulle risorse idriche. Questo database è stato pensato e sviluppato affinché venga condiviso e aggiornato dagli enti operanti e aventi competenza nel settore idrico.

L'obiettivo di questa fase era cercare di organizzare le informazioni raccolte in modo funzionale per una gestione di tutti i dati sia esistenti che futuri sulla matrice acqua. Non si esclude, in futuro, la possibilità di estenderlo alle altre matrici ambientali e alle altre isole dell'Arcipelago.

Il database, inoltre, è stato pensato in un'ottica di condivisione delle informazioni tra le organizzazioni in modo tale da avere un'unica infrastruttura dati su cui inserire i risultati delle analisi svolte. Per una migliore gestione delle informazioni, oltre ai codici identificativi dei campioni e dei siti d'interesse, sono stati sviluppati una serie di altri codici che permettessero una più semplice digitalizzazione e un minor rischio di commettere errori durante le trascrizioni dei dati.

Questa fase è stata suddivisa in tre sottofasi principali: l'elaborazione di un DBMS in ambiente Microsoft Access, le *query* sviluppate e l'utilizzo di grafici e test statistici per valutare la bontà dei dati storici delle campagne di campionamento idrico.

4.2.1 Elaborazione del DBMS

Lo sviluppo del *Database Management System* è consistito nella creazione di otto tabelle relazionali (Figura 32) che raccogliessero tutte le informazioni raccolte e digitalizzate nel foglio di calcolo "*Metadatos agua*".

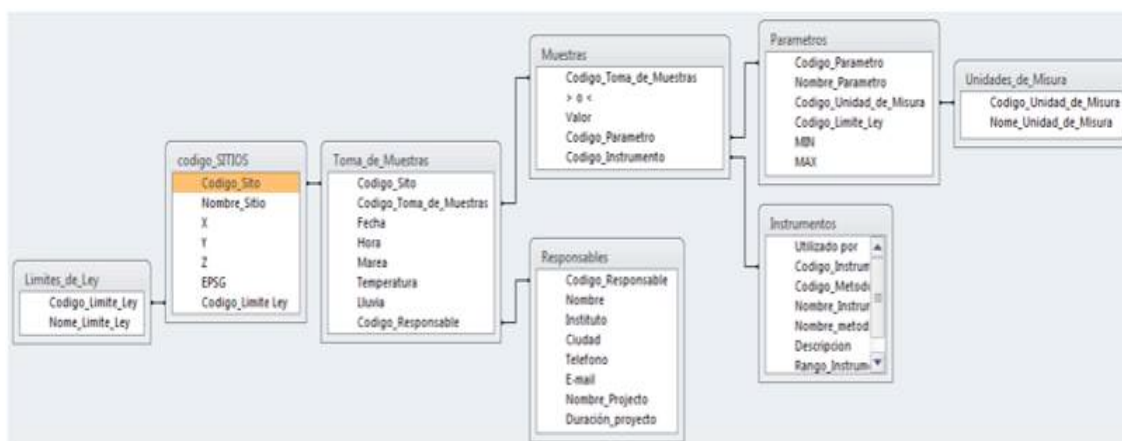


Figura 32. Schema delle relazioni tra le tabelle. La tabella “codigo_SITIOS” permette il collegamento e la visualizzazione dei dati in GIS.

Nella Tabella 5 è riportata come esempio la struttura della tabella *Toma_de_Muestras*, mentre quella delle tabelle *Codigo_Sitios*, *Responsables*, *Parametros*, *Muestras*, *Unidades_de_Misura*, *Limites_de_ley*, e *Instrumentos* sarà descritta nell’allegato 3.

Nome Campo Tabella “Toma_de_Muestras”	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Sitio	Testo	Siti d’interesse dove sono stati fatti i campionamenti (35 siti diversi).
Fecha	Data/ora	Data del prelievo del campione.
Hora	Data/ora	Ora del prelievo del campione.
Marea	Testo	Alta o Bassa marea al momento del prelievo del campione.
Temperatura	Testo	Temperatura esterna al momento del prelievo del campione; ricostruzione da <i>database zone FCD</i> .
Lluvia	Testo	Precipitazioni al momento del prelievo; mai rilevate, ricostruzione da <i>database zone FCD</i> .
Cogigo_Responsable	Testo	Codice responsabile del campionamento: 12 codici divisi per anno e istituto.

Tabella 5. Struttura Tabella “Toma_de_Muestras”

4.2.2 Elaborazione di query

Come spiegato nel capitolo 3, un DBMS permette l’interrogazione dei dati (*query*) con lo scopo di recuperare o effettuare delle operazione su specifici dati.

Le *query* elaborate nel presente caso studio, con lo scopo di svolgere un’analisi preliminare, permetto di conteggiare:

- il numero di repliche per ogni parametro in ogni sito, così da poter capire quante volte è stato misurato lo stesso parametro in ogni sito;

- il numero di parametri per sito, per comprendere quanti parametri sono stati analizzati in ciascun sito (ad esempio, per alcuni siti risulta rilevato un solo parametro);
- gli anni in cui sono stati fatti i campionamenti: si può così visualizzare nei vari siti, per quanti e in che anni, sono stati fatti i prelievi;
- il numero di campionamenti effettuati negli anni: per poter capire quante volte in un anno sono state fatte, in un sito, le analisi.

Inoltre, sono state calcolate delle statistiche dei parametri. L'obiettivo era di visualizzare, per ogni sito, il valore minimo, massimo, la media e la deviazione standard per ogni parametro misurato.

Con il procedere delle analisi ed elaborazioni sui dati raccolti dalle precedenti campagne di campionamento si è scesi maggiormente nel dettaglio. Si sono svolte delle interrogazioni, suddivise in base al parametro in questione, che hanno permesso di visualizzare, per ogni sito e data, i valori rilevati. Le informazioni sono servite per le successive analisi delle serie temporali e della distribuzione statistica con lo scopo di comprendere e visualizzare la variabilità e bontà dei dati reperiti dai monitoraggi ambientali.

4.2.3 Controllo di coerenza dei dati storici per la validazione

Dal campione di acqua prelevato e analizzato da uno strumento, si genera un dato di qualità delle acque; tale dato che, in alcuni casi, può evidenziare una scarsa qualità e, quindi, delle potenziali ripercussioni per la salute e/o sull'ecosistema, può indurre gli enti competenti ad applicare provvedimenti esistenti o a pianificarne di nuovi per il futuro (Corvaglia et al., 2008).

La qualità dei dati è, quindi, fondamentale quando si devono interpretare i risultati per poi gestire efficacemente ed efficientemente un sistema e risolvere delle eventuali problematiche.

Per questo motivo è sorta la necessità di fare un controllo di coerenza per la validazione dei dati storici. Tale verifica è dovuta ai dubbi sulla bontà dei dati, emersi durante la digitalizzazione dei dati storici e durante l'osservazione delle statistiche elaborate in Access.

Si è deciso, quindi, di procedere con un controllo di coerenza, nel quale sono stati coinvolti strumenti informatici. L'obiettivo era scoprire se ci fossero dei valori che potevano essere definiti errati.

Una validazione preliminare e sommaria dei dati acquisiti è servita per evidenziare e, in qualche caso, eliminare, gli errori grossolani (per i dettagli vedere il capitolo 5).

I passaggi eseguiti si possono suddividere in quattro punti:

- 1) Costruzione di una *query* in Access: calcolo di valore minimo, massimo, medio e la deviazione standard per ogni parametro analizzato in ogni sito;
- 2) Creazione di un foglio di calcolo Excel per ogni singolo parametro: visualizzazione dei valori di ogni parametro per ogni sito e per data di prelievo.
- 3) Analisi delle serie temporali: andamento temporale per ogni sito, divisi in base alla tipologia d'acqua e rapportati al limite di legge per osservare, in maniera rapida e istantanea, se nell'andamento ci sono delle anomalie evidenti.
- 4) Analisi della distribuzione statistica, tramite la produzione, con il programma R, di boxplot. Il boxplot è un metodo in grado di rappresentare una distribuzione statistica. È rappresentato da un rettangolo diviso in due parti, dal quale escono due segmenti (Figura 33).

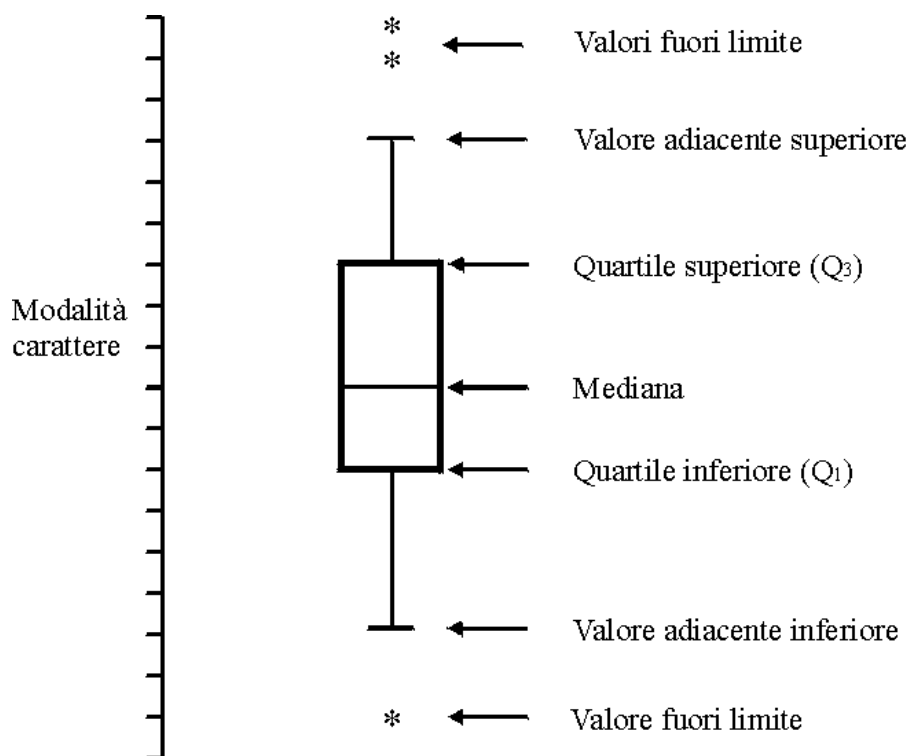


Figura 33. Struttura di un boxplot (Tukey, 1977).

La linea interna al rettangolo è la mediana della distribuzione, mentre le linee estreme del *box* rappresentano il primo e il terzo quartile e la loro distanza, detta distanza interquartilica, è la misura della dispersione della distribuzione: il 50% delle osservazioni si trovano comprese tra questi due valori. Se questo intervallo è piccolo, significa che la metà delle osservazioni si trova fortemente concentrata intorno alla mediana. All'aumentare della distanza interquartilica, aumenta la dispersione del 50% delle osservazioni centrali (Tukey, 1977).

I segmenti uscenti dal rettangolo, detti baffi, individuano i valori minimo e massimo, mentre i valori esterni a questi limiti, sono considerati valori anomali rispetto alla maggior parte dei valori osservati.

Un'analisi preliminare di tutte le operazioni svolte ha evidenziato che:

- Alcuni parametri non sono confrontabili nel tempo, perché sono state fatte delle singole misurazioni non continue.
- Ci sono dei problemi nell'interpretazione di alcuni dati, causati da un inadeguato intervallo dello strumento: il limite di legge risulta inferiore al limite di rilevabilità dello strumento.

- In alcuni casi è evidente un errore nella trascrizione dei dati coerenti con l'unità di misura.

Per i dettagli si rimanda al capitolo 5.

4.3 Fase III: Elaborazioni in GIS

Nella terza fase sono state create delle mappe in un sistema informativo geografico. Il software utilizzato è stato ArcGIS della ESRI.

L'obiettivo era cercare di visualizzare e ipotizzare delle possibili relazioni spaziali legate alla risorsa e all'inquinamento idrico.

L'utilizzo del GIS non è stato successivo alle precedenti fasi descritte, bensì in parallelo. Le prime visualizzazioni, infatti, hanno permesso una preliminare comprensione spaziale del territorio insulare. A queste sono seguite prima le mappe con l'inserimento dei punti GPS rilevati e altre elaborazioni, che saranno di seguito descritte nel dettaglio nel presente capitolo.

4.3.1 I dati esistenti

I dati esistenti sono costituiti dalle mappe dell'isola e dell'Arcipelago, fornite dall'ufficio tecnico del GADMSC. Sono in formato vettoriale e raffigurano essenzialmente: il perimetro delle isole, della zona urbana e agricola, la rete viaria e i rii temporanei. Nella tabella seguente (Tabella 6) sono descritti i layer disponibili e utilizzati per le elaborazioni svolte.

Le presenti mappe e, anche quelle elaborate in seguito, utilizzano come sistema di riferimento UTM WGS84 zona 15S.

Nome File e Layer	Tipo di dato	Tipo di geometria	Descrizione
SantaCruz	Shapefile Feature Class	Poligono	Perimetro Canton Santa Cruz
I30	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zona agricola dell'isola di Santa Cruz
GEO_AREAM2010	Geodatabase Feature Class	Poligono	Area urbana di Puerto Ayora
Vias	Personal Geodatabase Feature Class	Linea	Rete viaria della zona agricola
Cuerpo_agua_linea	Personal Geodatabase Feature Class	Linea	Corpi idrici temporanei della parte alta dell'isola (rii)
GEO_EJES2010	File Geodatabase Feature Class	Linea	Rete viaria Puerto Ayora
LIM_CALLES2010	File Geodatabase Feature Class	Linea	Vie della città di Puerto Ayora

Nome File e Layer	Tipo di dato	Tipo di geometria	Descrizione
LIM_SECT2010	File Geodatabase Feature Class	Linea	Limiti settoriali di Puerto Ayora
LIM_ZONA2010	File Geodatabase Feature Class	Linea	Limiti zonali di Puerto Ayora

Tabella 6. Layer esistenti utilizzati per l'elaborazioni di altre mappe (GADMSC, 2012).

Solo la zona rurale ha un database realizzato in maniera più scrupolosa e approfondita (Tabella 7). In esso vengono descritte:

- le caratteristiche fisiche della zona (pendenza; idoneità agricola, zootecnica e forestale; uso della terra);
- la presenza d'infrastrutture (disponibilità dei servizi di base; accessibilità alla rete viaria, all'area urbana e alle infrastrutture sociali);
- la suscettibilità ai pericoli naturali (suscettibilità al movimento di massa, all'erosione, all'inondazione, alle gelate, al pericolo vulcanico).

Nome File e Layer	Tipo di dato	Tipo di geometria	Descrizione
Aptitud	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Idoneità agricola, zootecnica e forestale
Basicos	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Disponibilità dei servizi di base
Erosion	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Suscettibilità all'erosione
Inundacion	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Suscettibilità all'inondazione
Movimientos	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Suscettibilità ai movimenti di massa
Pendientes	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Pendenze
Social	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Accessibilità alle infrastrutture sociali
Urbana	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Accessibilità all'area urbana
Uso	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Uso della terra
Vial	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Accessibilità alla rete viaria
Zhf	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zone omogenee fisiche
Zhi	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zone omogenee di infrastrutture
Zhp_30	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zone omogenee di prezzo (riduzione del 30%)
Zhp	Personal Geodatabase	Poligono	Zone omogenee di prezzo

Nome File e Layer	Tipo di dato	Tipo di geometria	Descrizione
	Feature Class		
Zhspn	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zone omogenee di suscettibilità ai pericoli naturali
Zht	Personal Geodatabase Feature Class	Poligono	Zone omogenee di terra rurale

Tabella 7. Layer della zona agricola (GADMSC, 2012).

4.3.2. L'importazione del DBMS e le mappe realizzate

Il geodatabase è la base delle nostre elaborazioni e analisi svolte, e la sua importazione in ArcGIS ha permesso numerose visualizzazioni che saranno di seguito descritte.

Il primo approccio e inserimento di dati riguarda il rilevamento GPS e la visualizzazione dei siti. Questo passo è risultato indispensabile per una maggior comprensione della spazialità e del territorio insulare.

Per comprendere meglio in che zona del Canton di Santa Cruz e nel dettaglio in che parte dell'isola sono state fatte le analisi, si riportano le mappe 34 e 35, che evidenziano rispettivamente le aree appena menzionate.

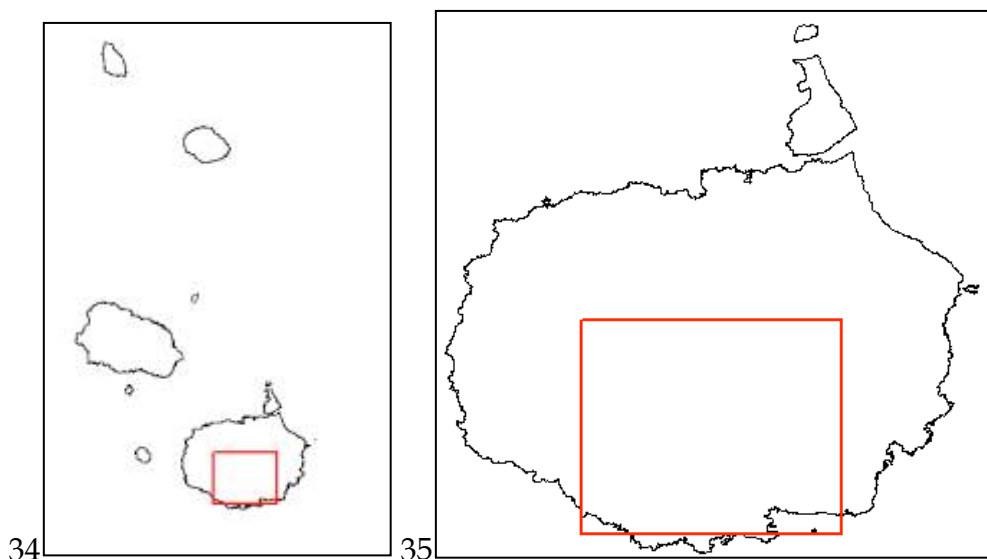


Figura 34. Canton di Santa Cruz; il riquadro rosso evidenzia l'area dell'isola di Santa Cruz nella quale si sono svolte le analisi. La figura 34 è un ingrandimento della stessa area.

La prima mappa realizzata riporta i siti rilevati sul campo. A questa visualizzazione preliminare è seguita la realizzazione di diversi layer, corrispondenti alla tipologia d'acqua: pozzi (*grietas*), cisterne (*tanques*), rii temporanei (*rio*), impianto di trattamento dell'acqua (*planta*), pozzi settici (*descarga*), punti delle aree marine (*agua de mar*) (Figura 36).

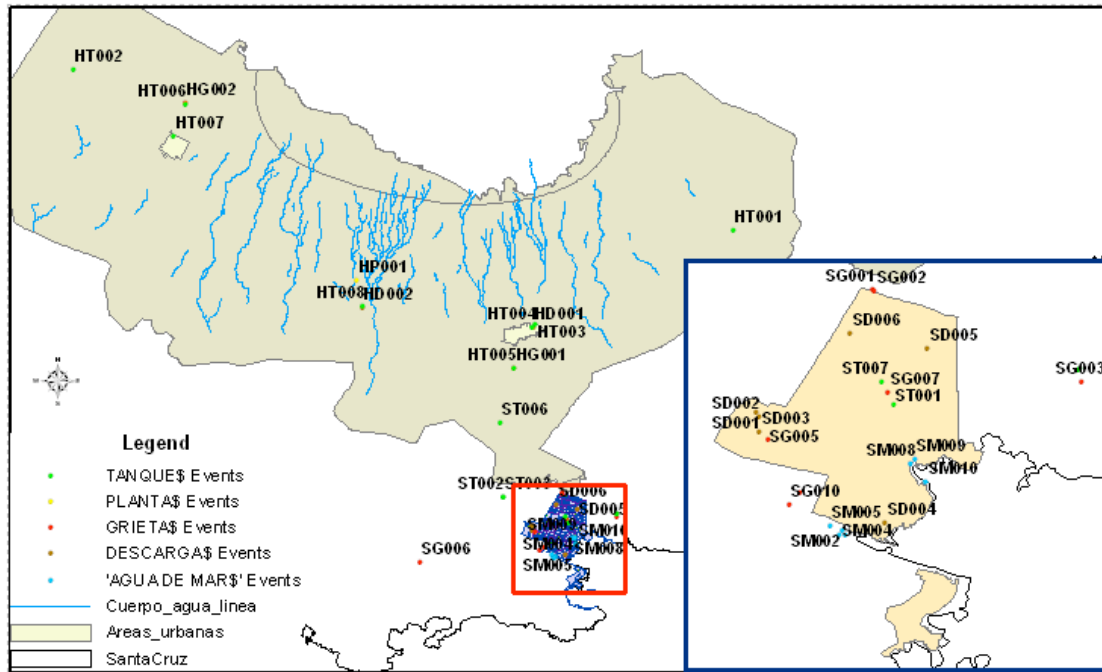


Figura 36. Mappa dell'isola di Santa Cruz. In essa sono riportati i punti dei siti d'interesse rilevati (con relativo codice identificativo a lato), nella zona agricola (area a forma di mezzaluna color beige) e nell'area urbana di Puerto Ayora, evidenziata nel rettangolo d'ingrandimento in basso a destra. Il colore del punto, come descritto nella legenda, indicati in verde le cisterne (*tanques*), in rosso le *grietas*, in marrone i punti di scarico e in azzurro punti rilevati nell'area marina.

Le elaborazioni successive sono la conseguenza delle analisi svolte per valutare la coerenza dei dati storici. Oltre alla suddivisione in layer appena descritta, sono stati creati un numero di layer pari ai parametri analizzati, dei quali si può evidenziare e, quindi, visualizzare il valore minimo, massimo e la media per ogni singolo parametro e per ogni sito. Per le mappe di ogni parametro analizzato si rimanda all'allegato 4.

Grazie a quest'operazione è possibile evidenziare in maniera rapida e facilmente comprensibile i siti che apparentemente possono presentare una maggior contaminazione idrica, secondo un determinato parametro.

Si può vedere, ad esempio, la media dei valori delle analisi storiche sui coliformi fecali per ogni sito (Figura 37). I punti con i valori più alti sono relativi alla Vertiente Santa Rosa, per quanto riguarda l'area agricola, e la zona nord-orientale di Puerto Ayora.

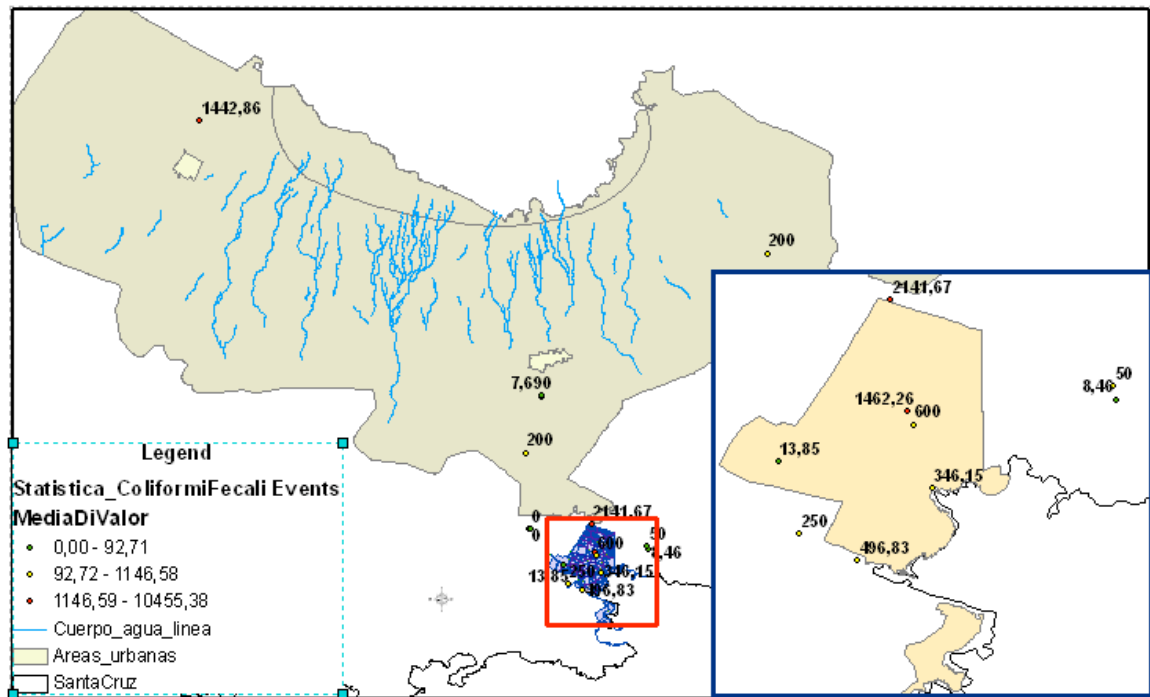


Figura 37. Mappa raffigurante i valori medi delle analisi svolte nell'isola di Santa Cruz sui coliformi fecali (unità di misura dei valori espressi: NMP/100ml).

La figura 38, invece, è la mappa rappresentante le analisi sulla torbidità. I valori più alti si riscontrano nella parte agricola: 10,64 NTU e 9,5 NTU, valori medi della analisi effettuate presso la Vertiente Santa Rosa e la zona agricola *Cascajo-Camote*, rispettivamente.

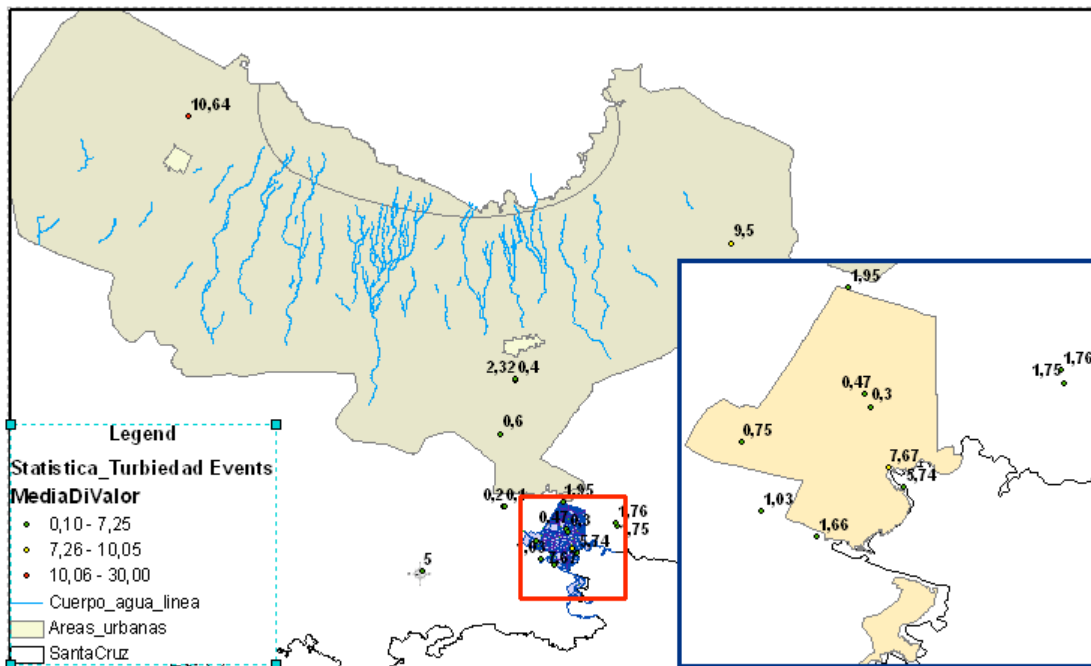


Figura 38. Mappa raffigurante i valori medi delle analisi svolte nell'isola di Santa Cruz sulla torbidità (unità di misura dei valori espressi: NTU).

4.4 Fase IV: Valutazione del carico organico

In questo paragrafo saranno presentati la protezione delle acque, scopo della valutazione del carico organico, e la stima di quest'ultimo.

4.4.1 Protezione delle acque

Nell'ultima fase del caso studio si è pensato di valutare il carico organico con lo scopo di cercare di capire e ipotizzare alcune correlazioni tra le attività antropiche, gli allevamenti e la contaminazione idrica.

Sono state considerate le aree della zona agricola con maggior presenza di allevamenti, principalmente di polli, bovini e suini, e le aree con un'elevata concentrazione umana.

Lo scopo ultimo di questa stima sarebbe la pianificazione delle aree di protezione delle acque a maggior rischio di contaminazione per poi pensare a dei possibili ed efficaci interventi.

Per quantificare esattamente i flussi di massa e le zone di protezione delle acque è necessario conoscere anche l'idrogeologia dell'area di studio.

Come si può vedere dalle mappe del seguente studio e progetto svizzero, conoscendo l'idrogeologia è possibile sviluppare delle mappe con i settori di protezione delle acque superficiali e sotterranee, considerando l'area di alimentazione e la direzione di flusso (Figura 39) (Confederazione Svizzera, 2011).

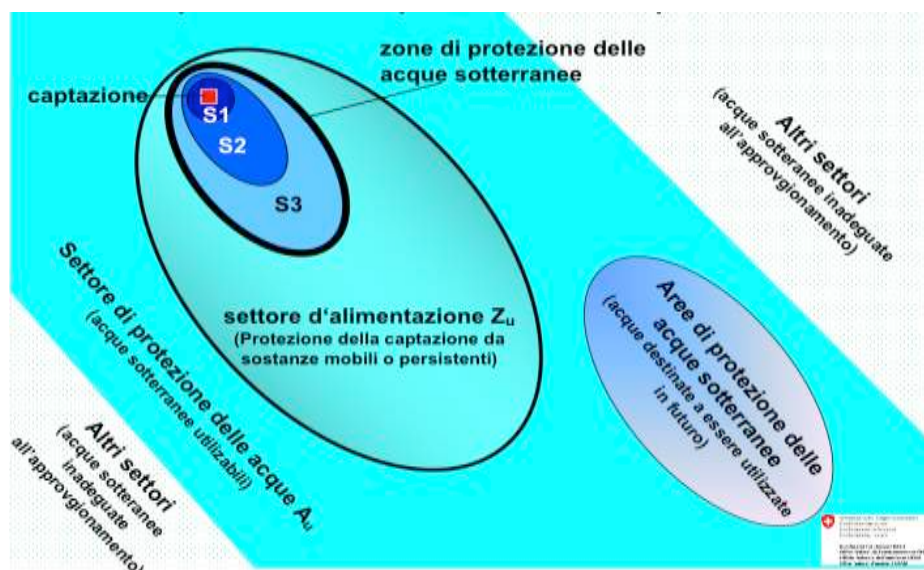


Figura 39. Misure di pianificazione per la protezione delle acque. (Fonte: Confederazione Svizzera, 2011).

Inoltre, si può determinare l'abbassamento del livello dell'acquifero dovuto alla presenza dei pozzi (Figura 40).

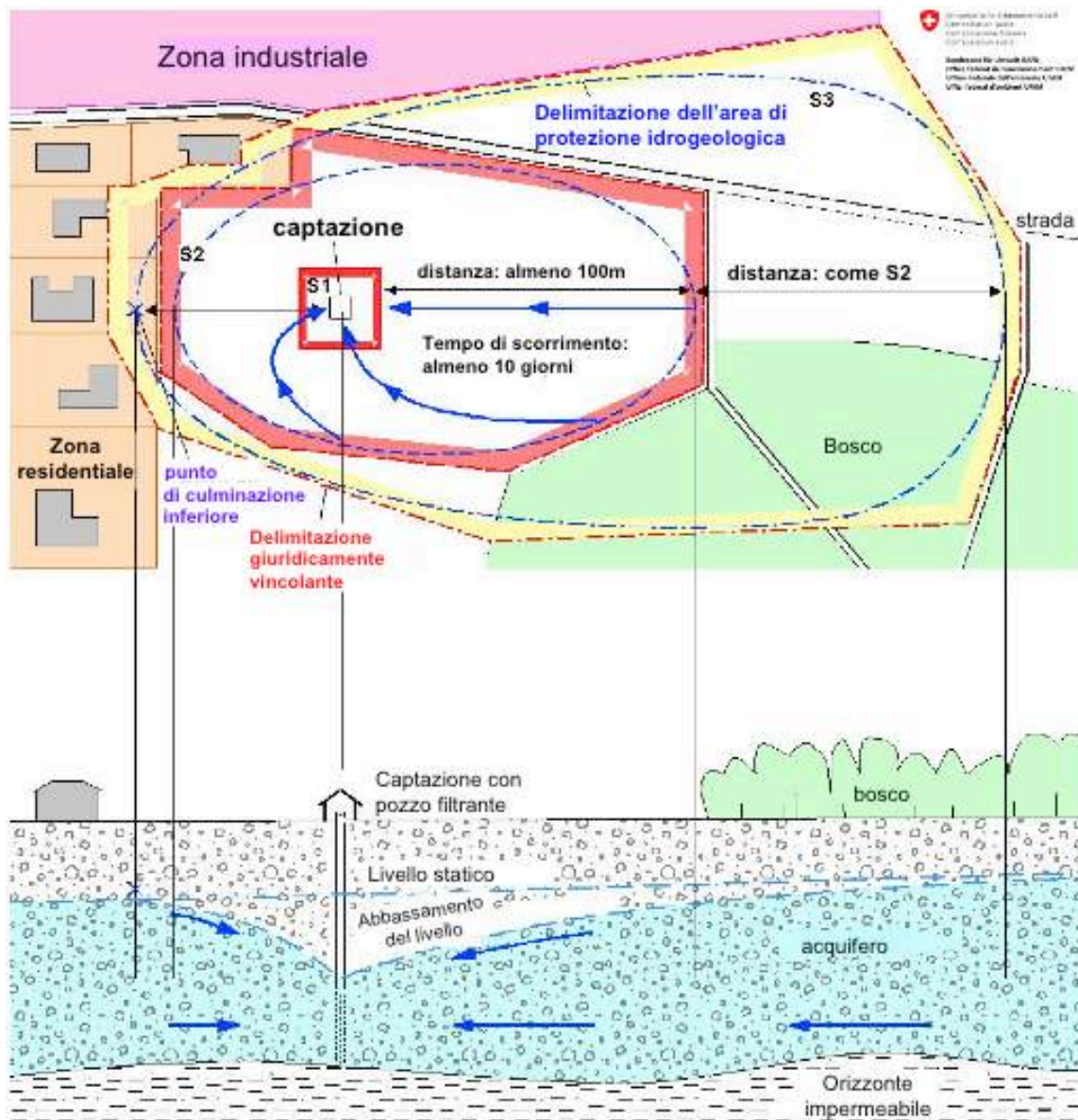


Figura 40. Delimitazione dell'area di protezione idrogeologica. (Fonte: Confederazione Svizzera, 2011).

Nel nostro caso studio non sono disponibili le informazioni che ci permetterebbero di valutare e calcolare i flussi di massa e le zone di protezione delle acque, ma possiamo limitarci a formulare delle ipotesi e stime delle fasce di rispetto; nota la morfologia dell'isola di Santa Cruz e le zone destinate alla concentrazione antropica e degli allevamenti zootecnici. Per questo motivo si è proceduto con una stima del carico organico.

4.4.2 Stima del carico organico

La stima del carico organico relativo agli allevamenti e alla popolazione locale permette di quantificare le sostanze organiche biodegradabili contenute nei liquami scaricati in fogna in un'unità di tempo. È generalmente espresso in tonnellate di BOD al giorno (ACIESP, 1980).

Tali sostanze derivano prevalentemente dalle deiezioni umane e dalle acque di scarico delle cucine e sono costituite soprattutto da proteine, carboidrati e grassi.

Le sostanze organiche sono ricchissime anche di flora batterica che può comprendere agenti patogeni (es. deiezioni dei malati).

Per il loro elevato potere inquinante le sostanze organiche devono essere rimosse prima del reinserimento delle acque di scarico nell'ambiente.

Inoltre, il carico organico è uno dei due parametri fondamentali per il dimensionamento di un impianto di depurazione, poiché rappresenta la portata di massa delle sostanze organiche da trattare. Il carico organico potenziale, infatti, permette di calcolare, in termini di abitanti equivalenti, i carichi organici (biodegradabili) totali presenti in una certa area, derivanti da attività di origine civile, zootecnica o industriale (Regione Toscana, 2012).

Per esprimere, in maniera omogenea e confrontabile, il carico potenziale di un bacino d'utenza s'introduce il concetto di abitante equivalente, corrispondente a un abitante residente. La Direttiva europea 91/271/CEE, usata come riferimento anche nei documenti sudamericani (vedesi ad esempio il "*Manual de depuracion de aguas residuales urbanas*" di Alianza por el Agua del 2008), definisce un abitante equivalente come "il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD₅) di 60 g di ossigeno al giorno" (Direttiva 91/271/CEE).

Per trasformare e rendere paragonabile anche le utenze zootecniche e industriali, si utilizzano dei coefficienti di conversione.

I coefficienti di conversione per queste tipologie di utenze sono (Barbiero et al., 1991):

- 1 Residente = 1 Abitante Equivalente (AE);
- Presenze Turistiche/365 = 1 AE;

- 1 Bovino = 8,16 AE;
- 1 Suino = 1,95 AE;
- 1 Pollo = 0,20 AE.

Essendo le sostanze organiche presenti nei reflui un punto di debolezza nel sistema di gestione dell'isola, visto le problematiche già presentate relative allo scarico degli effluenti, è stato ritenuto opportuno stimare e quantificare le sostanze inquinanti per cercare di migliorare le condizioni igieniche e sanitarie della salute pubblica di Santa Cruz.

Nell'isola, oltre agli abitanti residenti e ai turisti, l'impatto maggiore deriva dagli allevamenti di polli, bovini e suini. È stato, quindi, calcolato il carico organico potenziale dell'isola di Santa Cruz basato sui 15.000 abitanti residenti (INEC, 2010), la presenza annuale turistica di 90.000 persone (PNG, 2013) e gli allevamenti zootecnici.

Va precisato che le 90.000 presenze turistiche rappresentano il totale degli ingressi nell'isola di Santa Cruz e che alloggiano nelle strutture ricettive terrestri dell'isola. Non sono considerati i turisti che alloggiano sulle barche per il diverso consumo e scarico degli effluenti che non vanno a incidere sul carico organico terrestre. Tale numero di turisti è ottenuto da una media dei dati forniti dagli albergatori nel 2011 e nel 2012. Per la stima del carico organico la cifra delle presenze turistiche, non conoscendo le date precise del pernottamento, è stata divisa per i 365 giorni di un anno, ma è noto che la ricettività turistica ha delle stagioni preferenziali.

Per quanto riguarda gli allevamenti, invece, il numero di capi bestiame non sono inseriti nei censimenti.

Il numero di polli macellati e destinati alla popolazione dell'isola, sono 90.000 al mese e il periodo di allevamento e ingrasso di un pollo è di sei settimane (CIPAVIAR, 2010). Viene ipotizzato, quindi, che il numero di polli presenti contemporaneamente sull'isola sia di 130.000 capi.

Il problema maggiore però non sarebbe il pollame di allevamento, che è localizzato, quantificato e del quale è noto che le deiezioni sono raccolte e mandate al compostaggio, bensì il numero e la localizzazione del pollame presente nelle fattorie, che si trovano sparse nella parte alta dell'isola.

L'unico dato relativo ai capi bovini e suini è il numero di aziende che alleva bovini e suini, e sono rispettivamente 106 (INEC, 2010) e 50 (SICGAL, 2012).

Basandoci sulle osservazioni fatte durante la permanenza sull'isola, per provare a fare una stima del carico organico, si suppone che ogni azienda abbia 20 capi, il numero totale di bovini sarebbe 2120 e di suini 1000.

A questo si aggiunge la questione della localizzazione e distribuzione dei servizi. La popolazione si concentra maggiormente nella cittadina di Puerto Ayora, nella zona di Bellavista e Santa Rosa, mentre gli allevamenti sono situati prevalentemente nella zona agricola, lungo la strada che collega le Parrocchie di Bellavista e Santa Rosa. Nella figura 41, sono evidenziati gli allevamenti avicoli dell'isola (secondo i dati del 2012 del SICGAL sono 27); come si può vedere sono localizzati lungo il tratto di strada appena citato.

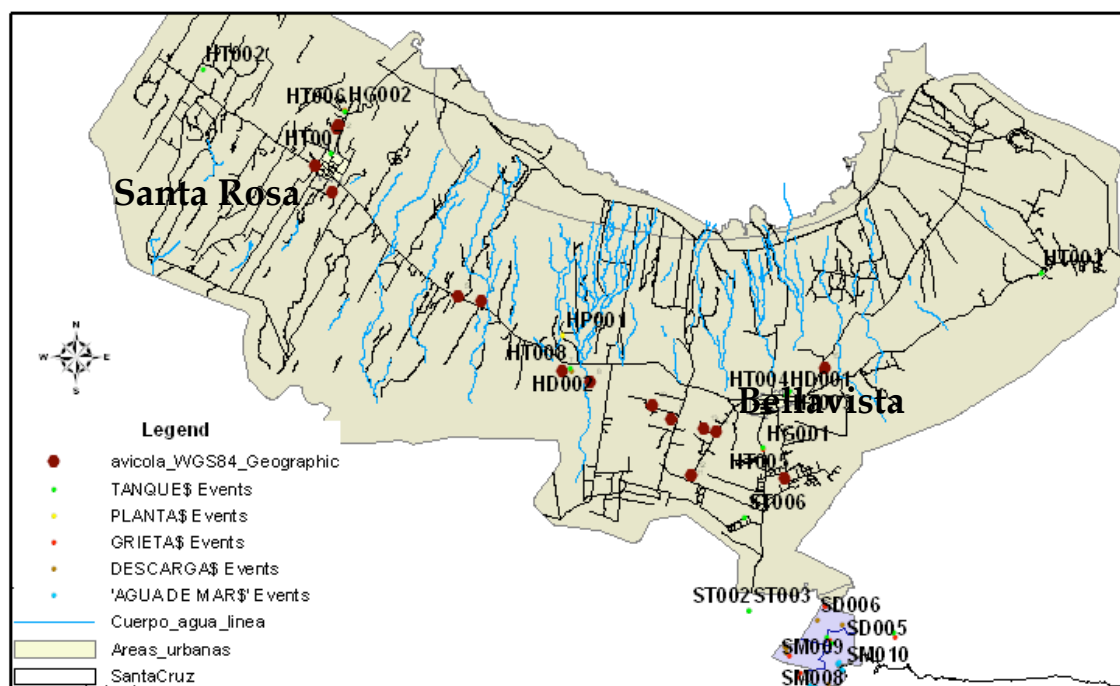


Figura 41. Mappa della zona agricola con in evidenza gli allevamenti avicoli censiti (esagono bordeaux) (elaborazione propria).

Da quest'immagine (Figura 41) sembrerebbe che solo gli allevamenti attorno alla parrocchia di Bellavista vadano a influire sui flussi idrici e sui pozzi ufficiali adottati per l'approvvigionamento idrico. La maggior parte del carico organico degli allevamenti, invece, andrebbe a influenzare un'area non utilizzata come ricarica idrica.

La questione però rimane irrisolta principalmente per due motivi:

- 1) non essendo nota l'idrogeologia dell'isola, non si possono azzardare delle ipotesi sulla direzione dei flussi;
- 2) non è stato possibile quantificare e localizzare i capi bestiame dei proprietari terrieri che non costituiscono un allevamento ufficializzato e, quindi, anche la collocazione del bestiame non rappresenta pienamente la realtà.

L'unica stima possibile è stata quindi relativa a una quantificazione degli abitanti equivalenti sull'isola per capire quanto vadano a influire le presenze animali nel sistema insulare, soprattutto per quanto riguarda la contaminazione delle acque.

La tabella con i calcoli ed i relativi risultati e valutazioni saranno mostrate nel capitolo 5.

5. RISULTATI E DISCUSSIONE

In questo capitolo saranno presentati e discussi i dati raccolti, attraverso un'analisi statistica. Il fine è proporre delle strategie per la protezione della salute pubblica e dell'ambiente e per migliorare la gestione delle risorse idriche nell'isola di Santa Cruz.

Il presente capitolo è suddiviso in tre paragrafi. Nel primo (5.1) si presenterà il controllo di coerenza dei dati storici attraverso la discussione dei risultati ottenuti dalle *query*, dall'analisi delle serie temporali e dall'analisi della dispersione statistica. Il secondo è incentrato sui risultati del carico organico, mentre nel terzo saranno descritti i possibili interventi.

5.1 Controllo di coerenza dei dati storici per la validazione

Come spiegato nel capitolo precedente (paragrafo 4.2.3) è emersa la necessità di svolgere un controllo di coerenza per la validazione dei dati storici poiché sono emersi dei dubbi sulla loro bontà.

Per una prima analisi preliminare sono state costruite delle *query* che permettono di visualizzare i parametri maggiormente rilevati e i siti più monitorati. Successivamente si è deciso di procedere con l'analisi delle serie storiche dei dati e della dispersione statistica.

5.1.1 Le query

Le *query* elaborate hanno permesso un'analisi preliminare e rapida sui siti monitorati e i parametri rilevati.

Dalla Tabella 8, appare evidente che la campagna di monitoraggio non è omogenea: nel secondo *tanque* della FCD, nel pozzo settico del *Lacteos La Noruega* e nelle acque grigie del *Lavadero de autos El Gran Escape*, ad esempio, sono stati analizzati, rispettivamente, 3, 4 e 4 parametri; mentre i parametri rilevati nel *Pozo Profondo*, *Grieta FCD* e nella *Grieta Ingala* sono 31, 32 e 39, rispettivamente.

Sarebbe interessante, capire il motivo di queste differenze, anche se si potrebbe pensare al fatto che i siti in cui sono stati analizzati meno parametri sono di

proprietà private (*Lacteos* e *Lavadero*), mentre il *Pozo Profundo*, la *grieta* FCD e la *grieta Ingala* sono i pozzi dai quali è prelevata la maggior parte dell'acqua ad uso domestico dell'isola e, quindi, si è deciso di monitorare più scrupolosamente e con una periodicità maggiore.

PARAMETRI ANALIZZATI	SITO
3	TANQUE FCD 2
4	LACTEOS LA NORUEGA (pozzo settico)
4	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (acque grigie)
5	GASOLINERA (pozzo settico)
8	MUELLE ARTESANAL
9	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)
11	AGUA MAR BAHIA
11	HOSPITAL (pozzo settico)
11	TANQUE DE BELLAVISTA 2
11	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO
12	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)
12	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico2)
17	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY
17	GRIETA LA CAMISETA
17	POZA SR. CHIESS
17	TANQUE CAMISETA 1
17	TANQUE CAMISETA 2
17	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL
17	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO
19	Bahía Academia Externa
19	Bahía Academia Interna
19	TANQUE DE POZO PROFUNDO
20	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)
21	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO
21	TANQUE FCD 1
23	MEDIA LUNA
27	AGUA MAR NINFAS 1
27	GRIETA DE LOS ALEMANES
28	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)
28	GRIETA TORTUGA BAY
29	GRIETA EL BARRANCO 1
30	GRIETA MECANICO GALLARDO
31	POZO PROFUNDO
32	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN
39	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA

Tabella 8. Numero di parametri analizzati per sito.

Nella Tabella 9, invece, si possono vedere in quanti siti i diversi parametri sono stati analizzati. Si può notare che alcuni parametri (alluminio, argento, boro, bario, cianuro, ferro, fluoruri, materia organica, selenio, zinco) sono stati analizzati in un solo sito e, in particolare, tutti tranne la misura della materia organica sono stati rilevati presso la *grieta Ingala*, pozzo dal quale viene emunta la maggior parte dell'acqua della rete municipale di Puerto Ayora; mentre il valore della materia organica è un dato misurato presso il pozzo settico del *Lacteos La Noruega*. Si nota, inoltre, che questi parametri sono stati analizzati nel sito indicato sola una volta nel 2005, primo anno di collaborazione tra il PNG e la JICA. Nella maggior parte dei siti, invece, sono stati rilevati i valori di conducibilità (in 30) e di pH (in 33 siti), considerate misure standard che si fanno in situ e per questo motivo probabilmente risultano tra le più analizzate. Inoltre, la *query* "repliche per parametro" (Tabella 10), permette di vedere i parametri per i quali sono stati rilevati un maggior numero di valori e sono torbidità (588), pH (677) e salinità (684).

NUMERO SITI IN CUI IL PARAMETRO è STATO ANALIZZATO	PARAMETRO
1	Alluminio, Argento, Boro, Bario, Cianuro, Ferro, Fluoruri, Materia organica, Selenio, Zinco
3	BOD, COD
5	HAPs, TPH
8	Potassio
10	Pseudomonas
11	E. coli
13	Detergenti
14	Ammonio, Cadmio, Cromo, Rame, Nichel, Piombo
15	Eanoli
16	Mercurio
17	Oli e Grassi
21	Coliformi fecali, Coliformi totali
22	Ossigeno disciolto, Salinità,
24	Fosforo, Torbidità
25	Calcio, Magnesio, Sodio, Solidi totali disciolti
26	Cloruri, Durezza totale, Solfati
28	Nitriti, Nitrati
30	Conducibilità
33	pH

9

Tabella 9. Numero di siti in cui sono stati analizzati i parametri.

Tabella 10. Repliche parametri per sito.

NUMERO ANALISI PARAMETRO	PARAMETRO	NUMERO SITI IN CUI IL PARAMETRO è STATO ANALIZZATO
1	Alluminio, Argento, Boro, Bario, Cianuro, Ferro, Fluoruri, Materia organica, Selenio, Zinco	1
3	BOD, COD	3
5	HAPs, TPH	5
16	Detergenti	13
21	Nichel	14
24	Cromo, Rame	14
28	Magnesio	25
29	Oli e grassi	17
30	Sodio	25
35	STD	25
36	Durezza totale, Solfati	26
95	Ammonio	14
95	Eanoli	15
107	Potassio	8
116	Cloruri	26
120	E. coli	11
134	Mercurio	16
168	Piomba	14
245	Calcio	25
263	Coliformi fecali	21
293	Cadmio	14
296	Coliformi totali	21
388	Nitriti	28
410	Fosforo	24
411	Nitrati	28
438	Conducibilità	30
524	Ossigeno disciolto	22
565	Pseudomonas	10
588	Torbidità	24
677	pH	33
684	Salinità	22

10

Queste semplici elaborazioni hanno permesso di osservare quali sono i parametri e i siti maggiormente monitorati. Poiché la maggior parte dei dati rilevati e digitalizzati sono il risultato delle analisi eseguite negli anni dal PNG, si può ipotizzare che la loro campagna di monitoraggio delle acque dell'isola di Santa Cruz si sia concentrata in particolar modo sui pozzi dai quali si preleva l'acqua per la maggior parte della popolazione. Per quanto riguarda, invece, i parametri maggiormente rilevati si può vedere che essi coincidono con le analisi standard che solitamente si eseguono in situ.

Le *query* sulle statistiche dei parametri hanno permesso di rilevare per ogni sito, il valore minimo, medio, massimo e la deviazione standard di ogni parametro.

Nel presente capitolo saranno riportati solo i parametri ritenuti più significativi (coliformi fecali e totali, conducibilità e torbidità) suddivisi in base alla matrice analizzata (acqua potabile, marina o di scarico).

È stato deciso di riportare nel dettaglio solo i parametri appena indicati principalmente per due motivi:

- 1) I coliformi e la torbidità nell'acqua, in particolar modo nell'acqua potabile, sono tra le maggiori criticità per la risorsa idrica nell'isola di Santa Cruz. Inoltre, per questo motivo, nel paragrafo 5.3 si è cercato di proporre delle soluzioni basandosi su questi valori.
- 2) La conducibilità rappresenta un chiaro esempio dei dubbi espressi sulla bontà dei dati e sulla loro coerenza: come si potrà vedere sono emersi degli errori legati all'unità di misura.

La Tabella 11 riassume i valori per i coliformi fecali. Emerge che:

- nel *tanque* della zona agricola *El Cascajo* è stata fatta una sola misura;
- in molti casi la deviazione standard risulta estremamente alta.

Codice Sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	200	7,7	33,4
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	14700	1442,9	3846,4
HG004	MEDIA LUNA	0	9700	864,3	2561,4
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	200	200	200,0	0,0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0	0	0,0	0,0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0	10500	2141,7	3309,1
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0	110	8,5	30,5
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0	0	0,0	0,0
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	200	13,8	46,4
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	400	6300	1462,3	1084,7
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	300	50000	10455,4	17376,6
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0	2000	250,0	564,9
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0	1800	496,8	308,5

Codice Sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SM006	Bahía Academia Externa	0	500	100,0	175,8
SM007	Bahía Academia Interna	0	7900	875,0	2229,2
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0	800	346,2	293,3
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	600	600	600	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0	0	0	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0	0	0	0
ST004	TANQUE FCD 1	0	500	50	144,6
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	200	200	200	0

Tabella 11. Analisi statistica sui valori rilevati per i coliformi fecali.

La tabella 12, invece, riporta l'analisi statistica elaborata sui valori rilevati della conducibilità. In particolare, i siti per i quali è presente una deviazione standard elevata (*Grieta Ingala, Grieta El Barranco 1*) sono emersi degli errori nel riportare i dati e le unità di misura, come sarà spiegato nel dettaglio nel paragrafo 5.1.2.

Codice Sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	1,4	3160,0	597,4	1106,4
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,2	180,0	77,1	62,4
HG004	MEDIA LUNA	0,0	210,0	50,3	44,3
HG005	POZA SR. CHIESS	100,0	150,0	125,0	35,4
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	43,6	206,0	124,8	114,8
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	1244,0	1244,0	1244,0	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	2,2	1246,0	624,1	879,5
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	530,0	530,0	530,0	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico2)	3,4	3,4	3,4	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	3,1	3,1	3,1	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	3,7	3,7	3,7	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	2,1	2083,0	162,7	577,0
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	5,5	5644,0	2824,7	3987,0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	4510,0	4510,0	4510,0	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	1,8	3159,0	51,1	388,4
SG006	GRIETA LA CAMISETA	2,9	3485,0	2272,3	1966,9

Codice Sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	2,6	7,2	4,0	0,8
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	3,1	7,6	4,4	1,1
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	3,5	6,6	4,7	1,0
SM001	AGUA MAR BAHIA	29,6	29,6	29,6	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	7,1	59,3	28,5	7,8
SM006	Bahía Academia Externa	19,1	82,0	50,3	8,4
SM007	Bahía Academia Interna	4,5	64,5	35,5	11,1
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	51,2	51,2	51,2	
SM010	MUELLE ARTESANAL	16,5	96,8	53,8	13,3
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	3,4	3,7	3,5	0,2
ST002	TANQUE CAMISETA 1	2,9	3,7	3,3	0,5
ST003	TANQUE CAMISETA 2	2,9	3,0	3,0	0,0
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	2,5	1252,0	627,2	883,6
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	2,9	2,9	2,9	

Tabella 12. Analisi statistica sui valori rilevati per la conducibilità.

Mentre la tabella 13, pur presentando in alcuni casi (ad esempio, nel *Cerro La Vertiente Santa Rosa*) elevati valori per la torbidità, non evidenzia particolari anomalie statistiche.

CodiceSito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,2	20,5	2,3	3,9
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	2,0	24,5	10,6	5,9
HG004	MEDIA LUNA	0,9	23,1	6,8	6,8
HG005	POZA SR. CHIESS	10,0	50,0	30,0	28,3
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	9,5	9,5	9,5	0,0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,4	0,4	0,4	0,0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,3	10,0	2,0	2,4
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,0	5,0	1,7	1,2
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	1,0	10,0	2,3	2,4
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,0	10,0	0,7	1,3
SG006	GRIETA LA CAMISETA	5,0	5,0	5,0	0,0
SG007	GRIETA LA MISION SAN	0,2	2,3	0,5	0,4

CodiceSito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
	FRANCISCO				
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,4	4,0	1,2	1,0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,0	2,9	1,0	0,9
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,4	9,9	1,7	1,3
SM006	Bahía Academia Externa	0,4	14,7	3,4	2,1
SM007	Bahía Academia Interna	0,6	12,9	2,6	1,9
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	2,6	18,4	7,7	4,2
SM010	MUELLE ARTESANAL	1,4	14,4	5,7	2,8
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	0,3	0,3	0,3	0,0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,2	0,2	0,2	0,0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,1	0,1	0,1	0,0
ST004	TANQUE FCD 1	1,0	2,4	1,8	0,4
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0,6	0,6	0,6	0,0

Tabella 13. Analisi statistica sui valori rilevati per la torbidità.

In questo paragrafo sono stati riportati solo degli esempi delle *query* eseguite.

Nell'allegato 5 saranno riportate le statistiche elaborate per tutti i parametri rilevati presenti nei dati storici.

5.1.2 Analisi delle serie temporali

La fase successiva alle *query* è consistita in un'analisi delle serie temporali dei parametri rilevati, confrontati con i limiti di legge.

Non sono state analizzate le serie temporali per argento, alluminio, bario, boro, cianuro, ferro, fluoruri, selenio, zinco, materia organica, poiché per questi parametri, come già detto, è stato rilevato un solo dato e pertanto non sono valutabili ai fini statistici. Tuttavia sono stati confrontati i valori con il limite di legge corrispondente alla tipologia d'acqua (potabile, di scarico, marina). Da questa semplice visualizzazione è emerso che il valore misurato per la materia organica nel *Lacteo La Noruega* è elevato (420,6 mg/l).

Per oli e grassi, cromo, nichel, piombo, cadmio, mercurio, rame non è stata fatta un'analisi delle serie temporale benché le misurazioni siano ripetute nel tempo. Il motivo si trova nel valore rilevato: coincide nella maggior parte delle osservazioni (Tabella 14):

PARAMETRO	VALORE MISURATO (mg/l)
Oli e grassi	< 1
Cadmio	< 0,007
Cromo	< 0,04
Mercurio	< 0,05
Nichel	< 0,006
Piombo	< 0,09
Rame	< 0,03

Tabella 14. Riepilogo parametri con valori analizzati identici nelle varie misurazioni e siti.

S'ipotizza che il motivo sia legato al limite di rilevabilità dello strumento. A questo proposito nel database sviluppato è stata creata la tabella "Instrumentos" appositamente per indicare le informazioni relativi agli strumenti utilizzati per le analisi. In questi modo si riuscirebbe subito a capire e a confrontare i valori misurati con le caratteristiche dello strumento.

Inoltre, si rileva che per oli e grassi, cadmio, mercurio e piombo, il limite inferiore di rilevabilità dello strumento è maggiore del limite di legge, rispettivamente di 0,3 mg/l, 0,001 mg/l, 0,001 mg/l e 0,05 mg/l (il limite di legge riportato fa riferimento alle acque potabili). Pertanto sarebbe opportuno che nelle prossime analisi si adottasse una maggior accuratezza strumentale.

Le serie temporali dei parametri riportati in tabella 15, non sono significative e, quindi, non saranno riportante nella presente tesi, in quanto le analisi sono state svolte in pochi siti e/o non ripetute a lungo nel tempo.

PARAMETRO	SITI CAMPIONATI	ANNI ANALISI
Calcio	11	1985, 2005, 2011
BOD	3	6 e 29 agosto 2011
COD	3	6 e 29 agosto 2011
Durezza totale	26	1985, 2005, 2011

PARAMETRO	SITI CAMPIONATI	ANNI ANALISI
Idrocarburi policiclici aromatici	5	5 agosto 2011
Idrocarburi totali del petrolio	5	5 agosto 2011
Magnesio	25	Agosto 1985 e agosto 2011
Potassio	8	Agosto 1985
Sodio	25	Agosto 1985 e agosto 2011

Tabella 15. Parametri per i quali le serie temporali non sono significative.

Sebbene non sia significativo riportare le serie temporali dei parametri della tabella 15, è importante sottolineare che i valori rilevati per gli idrocarburi policiclici aromatici e totali del petrolio solo per il *Lavadero de Autos El Gran Escape* presentano valori maggiori rispetto agli altri siti (rispettivamente 0,176 mg/l e 8,2 mg/l). Il punto in cui sono state effettuate le analisi coincide con lo scarico degli oli sul terreno; per questo motivo si pensa che i valori rilevati presso l'autolavaggio, nonostante siano inferiori al limite di legge, sono superiori a quelli degli altri siti.

Per quanto riguarda, invece, i valori di BOD e COD, misurati in 3 punti e una sola volta, quello che emerge e spicca sono i valori misurati presso il pozzo settico del sito privato 2:

- COD 4710 mg/l (LMP: 250 mg/l);
- BOD₅ è 0,44 mg/l (LMP: 100 mg/l).

Siccome il rapporto COD/BOD₅ nei liquami domestici è pari a 1,7 - 2 e in quelli industriali può aumentare fino a 4 - 6 (Gruppo Idro, 2007), si presume che i valori riportati dall'ESPOL per queste analisi siano sbagliati. Altrimenti, questi valori implicherebbero che la quasi totalità (intesa in percentuale) delle sostanze organiche dei reflui di un caseificio privato siano parzialmente biodegradabili o non biodegradabili.

Da un'analisi svolta nella provincia di Reggio-Emilia su 281 caseifici medio-piccoli emerge che i valori di COD sugli effluenti possono variare da un

minimo di 650 mg/l ad un massimo di 3.000 mg/l, mentre per il BOD da 300 a 1.400 mg/l (Ercoli et al., 2008).

Inoltre, considerando che il COD e il BOD₅ sono parametri usati per la stima del potenziale livello d'inquinamento delle acque naturali e di scarico, l'alto valore di COD rilevato indica una riduzione dell'ossigeno disciolto nel corpo idrico e, quindi, della capacità di auto-depurazione e del sostentamento delle forme di vita (Frau, 2005).

La situazione descritta può aiutare a comprendere quanto sia importante effettuare le analisi sui parametri di BOD e COD, anche se va precisato che il contesto delle acque delle isole Galápagos è diverso dall'ambiente italiano e non direttamente confrontabile.

Le analisi delle serie storiche sono quindi state effettuate sui parametri per i quali esista un monitoraggio a lungo nel tempo e, come anticipato nel paragrafo 5.1.1 ci si concentrerà in particolare su coliformi fecali e totali, conducibilità e torbidità. Nell'allegato 6 saranno mostrate le serie temporali per tutti i parametri analizzati.

5.2.1.1 Coliformi fecali e totali

I coliformi fecali derivano dai rifiuti umani e animali. I coliformi totali includono sia i coliformi fecali che altri batteri, con caratteristiche simili, di origine acquatica o tellurica (EPA, 2001).

Sono indicatori di possibile presenza di microrganismi patogeni. L'intensità dell'infezione dalle acque potabili infette dipende dalla loro quantità. Questo numero, nelle acque reflue contaminate, dipende dal numero di persone (EPA, 2001).

I limiti di legge variano a seconda che si faccia riferimento alle acque di superficie, alle acque di balneazione o alle acque potabili.

I valori misurati dei coliformi fecali (Figura 45) risultano oltre i limiti di legge in alcuni siti di monitoraggio (*Cerro La Vertiente Santa Rosa, Media Luna, Grieta Barranco, Grieta La Mision San Francisco, Grieta Mecanico Gallardo, Agua Mar Ninfas*). Il caso rilevante è che tutti questi punti, tranne l'*Agua Mar Ninfas* (Figura 46) che è un luogo di balneazione, sono fonti d'acqua che gli isolani

usano a scopo potabile. In particolar modo, la *Grieta La Mision San Francisco* è il pozzo dal quale viene prelevata l'acqua dell'*Abastecimiento Purificadora Pelikan Bay*; considerando che quasi tutta la popolazione urbana di Puerto Ayora, i turisti e molti hotel comprano l'acqua da quest'impresa (poiché è più economica delle altre), sarebbe da prestare particolare attenzione e pianificare una campagna di monitoraggio ripetuta anche nell'arco di brevi periodi (Figura 42).

Inoltre, alcuni di questi valori sono particolarmente elevati e si pensa sussista un errore o nel metodo d'analisi o nel riportare i dati (Tabella 16).

SITO	VALORE MISURATO (mg/l)			DATA ANALISI		
Cerro La Vertiente Santa Rosa	14.700			Dicembre 2005		
Media Luna	9.700			Dicembre 2005		
Grieta Barranco	7.300	10.500		Aprile 2005	Dicembre 2005	
Grieta Mecanico Gallardo	30.000	50.000	40.000	Gennaio 2005	Febbraio 2005	Dicembre 2005

Tabella 16. Valori dei coliformi fecali considerati particolarmente elevati.

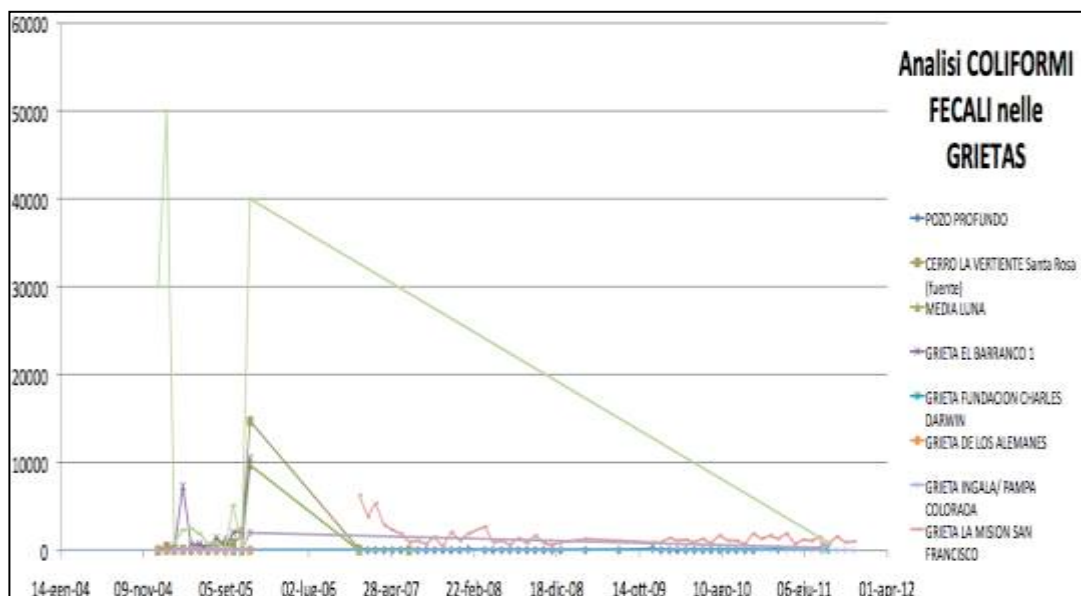


Figura 42. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi fatte sui coliformi fecali nelle *grietas*. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NMP/100ml. Calcolando che l'acqua delle *grietas* è definita acqua potabile, il limite di legge è di 0 NMP/100ml.

È da notare che settembre è il mese con il più basso carico turistico e durante il quale le condizioni climatiche non sono estreme.

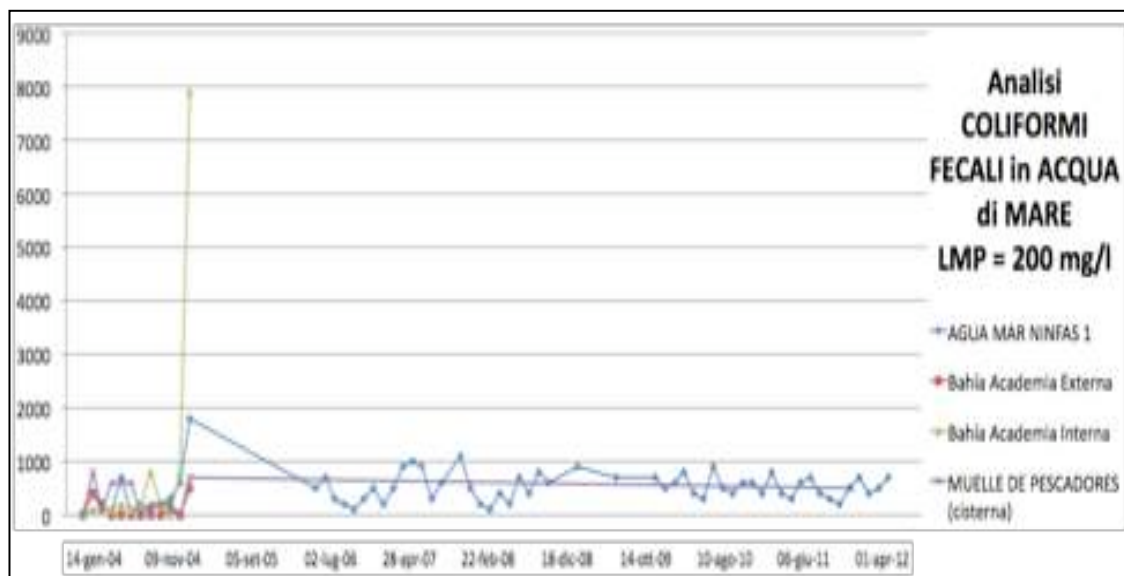


Figura 43. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi fatte sui coliformi fecali in acqua di mare. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NMP/100ml e la linea rossa tratteggiata rappresenta il limite di legge (200 NMP/100ml).

5.1.2.2 Conducibilità

La conducibilità rappresenta il contenuto di sali minerali nell'acqua e non ha un diretto significato dal punto di vista sanitario (EPA, 2001).

Dalla valutazione dei dati (Figura 44) sono emersi dei dubbi riguardanti la correttezza dell'unità di misura. Come si può vedere, infatti, dalla figura 46, una semplice divisione per 1000 di alcuni valori rende i valori maggiormente confrontabili e l'andamento temporale si trova in una fascia di valori decisamente minore: basti vedere che nella figura 44 l'asse delle ordinate include i valori da 0 a 6000 mS/cm; mentre nella figura 45, i valori sono compresi tra 0 e 9 mS/cm.

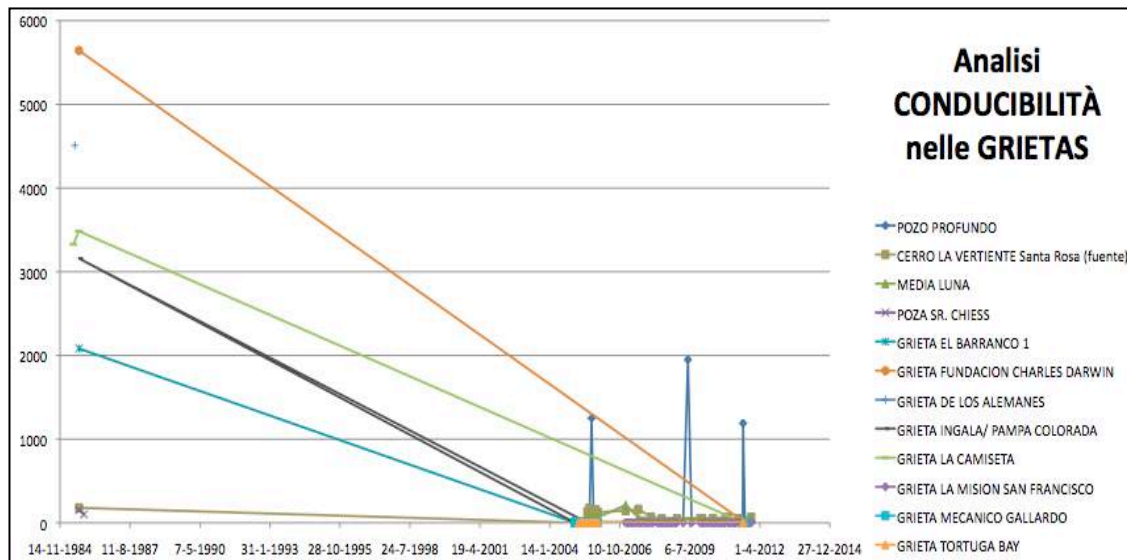


Figura 44. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla conducibilità misurata nelle *grietas*. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.

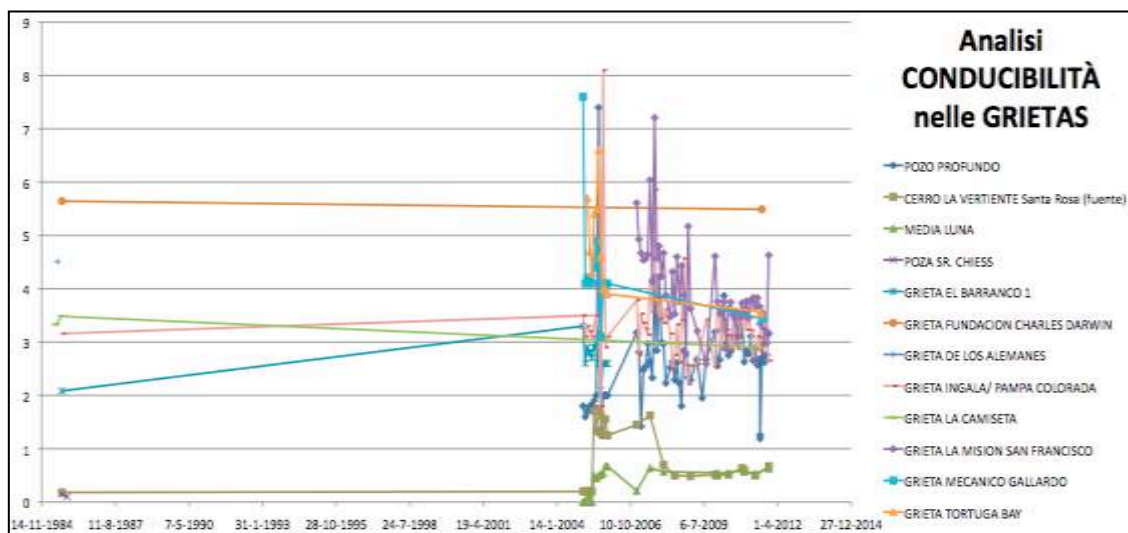


Figura 45. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla conducibilità misurata nelle *grietas*. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm. I valori riportanti sono corretti.

5.1.2.3 Torbidità

La torbidità è un indicatore della presenza di particelle di argilla, solidi fognari, limo e lavaggi di sabbia, fanghi organici e biologici, ecc., e gli effetti diretti sulla salute dipendono dalla composizione esatta dei materiali che la causano torbidità (EPA, 2001).

Nella figura 46 sono riportati i valori misurati per la torbidità nelle *grietas* dell'isola. In alcuni casi (*Cerro La Vertiente Santa Rosa*, *Media Luna*, *Pozo Profundo*), dal 2006, i valori superano il limite di legge per le acque potabili (10 NTU).

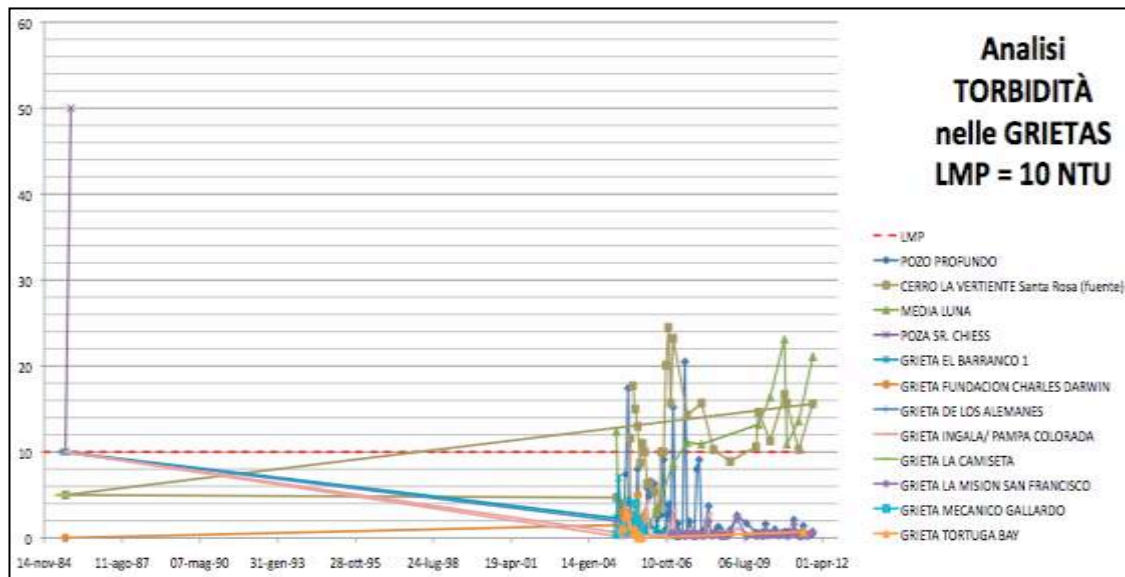


Figura 46. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla torbidità misurata nelle *grietas*. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU e la linea rossa tratteggiata rappresenta il limite di legge (10 NTU).

Osservando i valori della torbidità de *La Vertiente Santa Rosa*, sono emersi dei dubbi riguardanti l'effettivo punto di campionamento: dal nome assegnato dovrebbe essere la fonte. Tuttavia s'ipotizza che le analisi non siano state fatte nell'acqua della sorgente, bensì nel primo *tanque* di deposito dove la presenza di particelle è ben visibile (Figura 47).



Figura 47. Foto del *tanque* della Vertiente Santa Rosa. L'acqua che arriva dalla fonte attraverso il tubo sembrerebbe limpida e pulita, ma all'interno del serbatoio è ben visibile la torbidità e la sedimentazione di particelle sul fondo.

Allo stesso tempo è preoccupante il fatto che quest'acqua sia considerata pulita dagli abitanti di Santa Cruz, perché in realtà lo stoccaggio nel *tanque* ne rovina la sua qualità dal punto di vista della torbidità. Per questo motivo nel paragrafo 5.3 verrà proposta una possibile soluzione anche a questo problema.

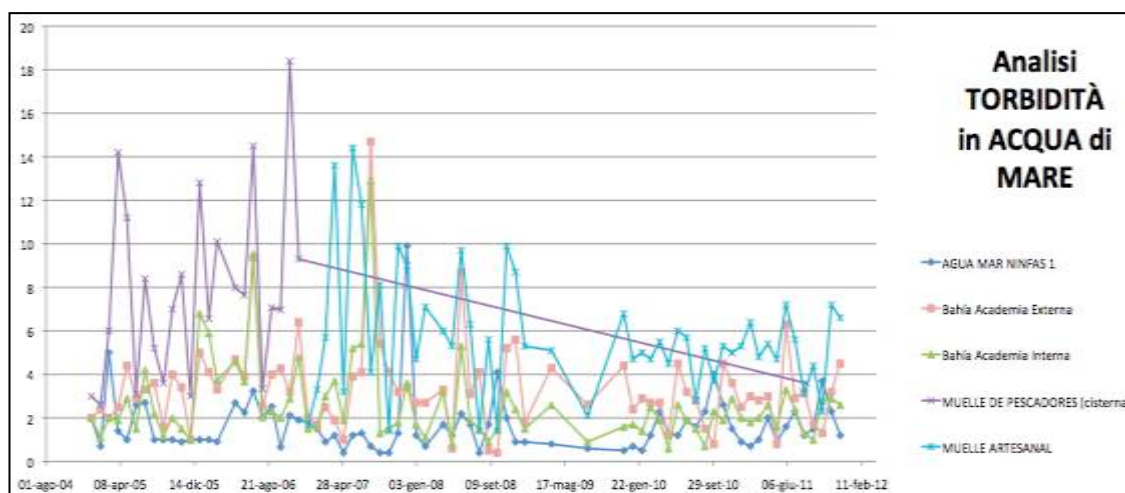


Figura 48. Grafico rappresentante l'andamento temporale delle analisi sulla torbidità misurata in acqua di mare. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU.

5.1.3 Analisi della dispersione statistica

Alla fase dell'analisi delle serie temporali è seguita l'analisi della dispersione statistica.

Per l'analisi della dispersione statistica è stato utilizzato il programma R tramite la realizzazione di boxplot. Questi hanno permesso un'analisi rapida sulla variabilità dei dati e l'individuazione di valori considerati anomali (*outliers*). Va precisato, inoltre, che "anomali" non significa obbligatoriamente superamento del limite di legge.

In particolare, sono emerse consistenti anomalie per 12 parametri: coliformi fecali e totali, conducibilità, fenoli, fosforo, mercurio, nitrati, nitriti, ossigeno disciolto, pH, salinità e torbidità.

Anche in questa fase sono valide le stesse assunzioni fatte e spiegate nel paragrafo precedente; pertanto saranno descritti nel dettaglio soltanto le analisi sulla dispersione statistica di coliformi fecali e totali, conducibilità e torbidità. Nell'allegato 7 saranno mostrata l'analisi della dispersione statistica di tutti i parametri analizzati.

5.1.3.1 Coliformi fecali e totali

Per quanto riguarda i risultati sui coliformi fecali e totali dei monitoraggi storici effettuati presso l'isola di Santa Cruz, l'analisi statistica descritta tramite i boxplot evidenzia che i valori superiori a 5000 NMP/100ml siano anomali.

Le figure 49 e 50 raffigurano tutte le misurazioni effettuate sui coliformi fecali (Figura 49) e totali (Figura 50), indipendentemente dalla tipologia di sito (*grieta, tanque, acqua marina, acqua di scarico*).

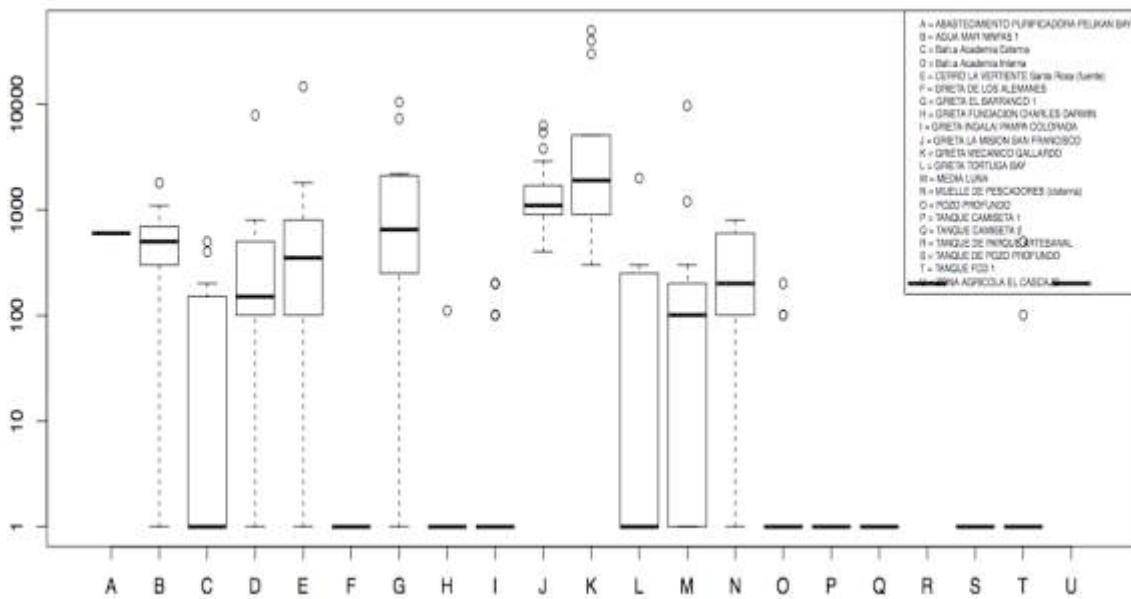


Figura 49. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

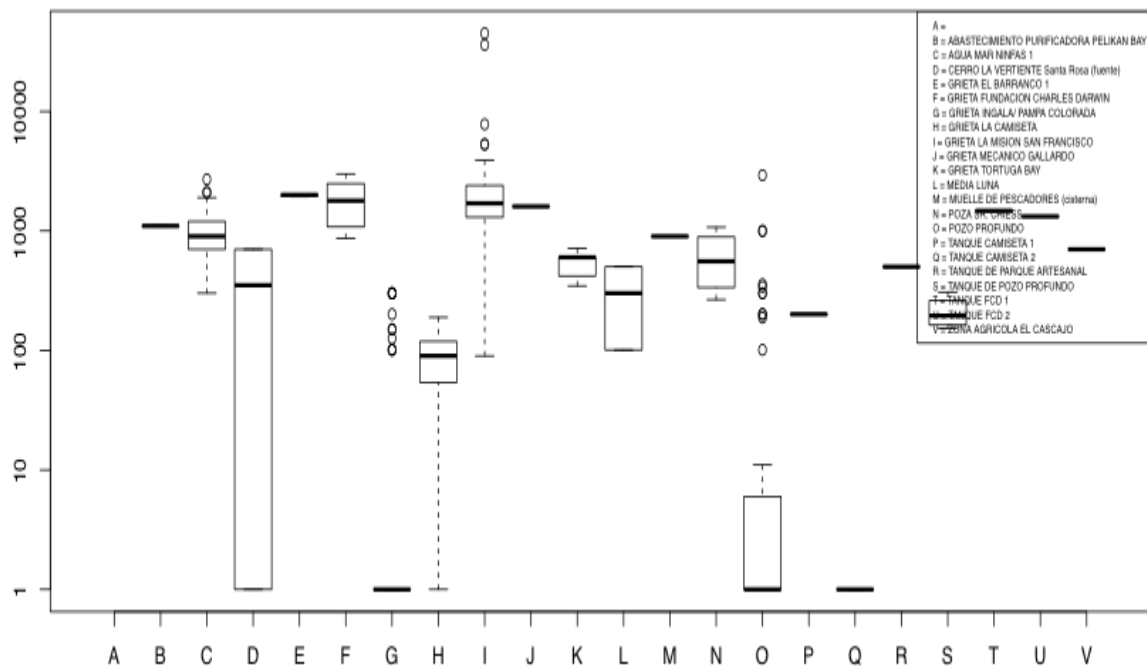


Figura 50. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi totali. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

L'informazione riguardante la distribuzione statistica che si rileva dai boxplot della figura 49 è che per i siti di *Bahia Academia* (C) (acqua marina), *Grieta Tortuga Bay* (L) (*grieta* della parte secca dell'isola) e *Media Luna* (M) (*grieta* della parte umida dell'isola) si ha un'elevata dispersione delle osservazioni centrali. Per i siti, invece, in cui l'intervallo è stretto significa che il 50% delle misurazioni si trova fortemente concentrato.

Per quanto riguarda, invece, i coliformi totali nella distribuzione statistica si osserva un'elevata dispersione dei valori misurati nel *Cerro La Vertiente Santa Rosa* (D) (*grieta* della parte alta dell'isola) e, in misura inferiore, nel *Pozo Profundo* (O) e a *Media Luna* (L).

In particolare, per i valori misurati per i coliformi fecali, dai boxplot si rileva che ci sono dei valori anomali per le analisi effettuate nella *Laguna Las Ninfas* e nella *Bahia Academia* (Figura 51) per quanto riguarda le acque marine. La figura 52 rappresenta gli stessi valori della figura 51; tuttavia per una migliore visualizzazione l'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

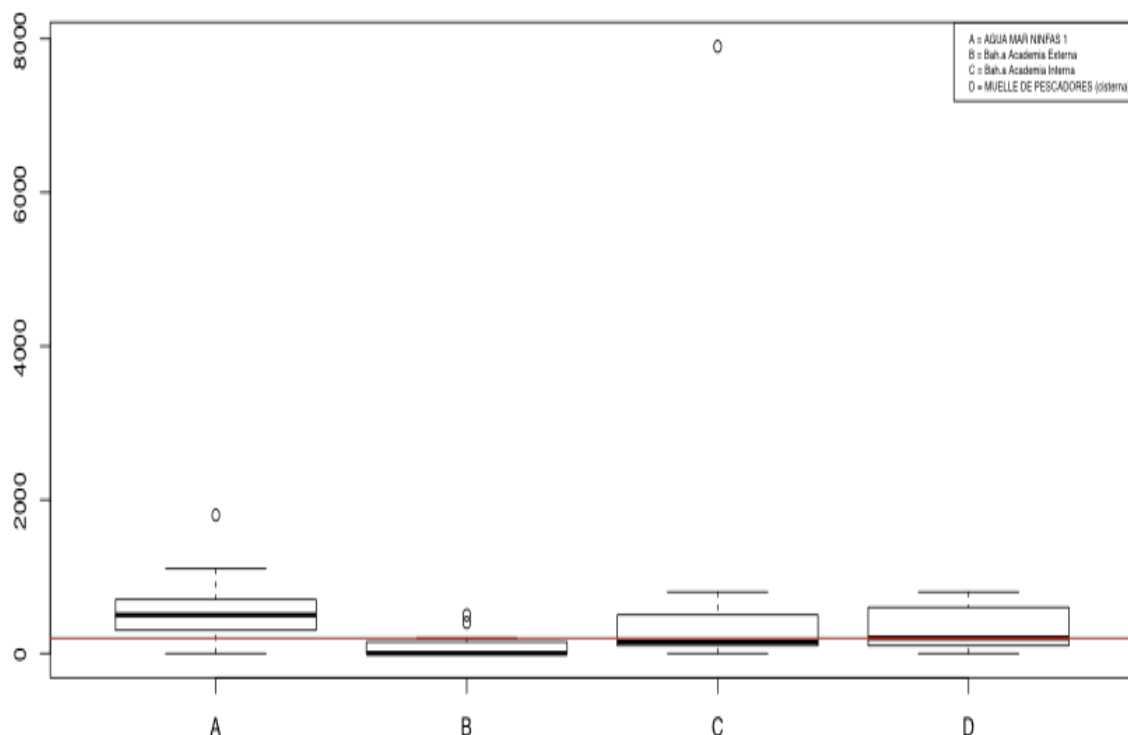


Figura 51. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati in punti d'acqua marina. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mg/l. La linea rossa orizzontale rappresenta il limite di legge (0 mg/l).

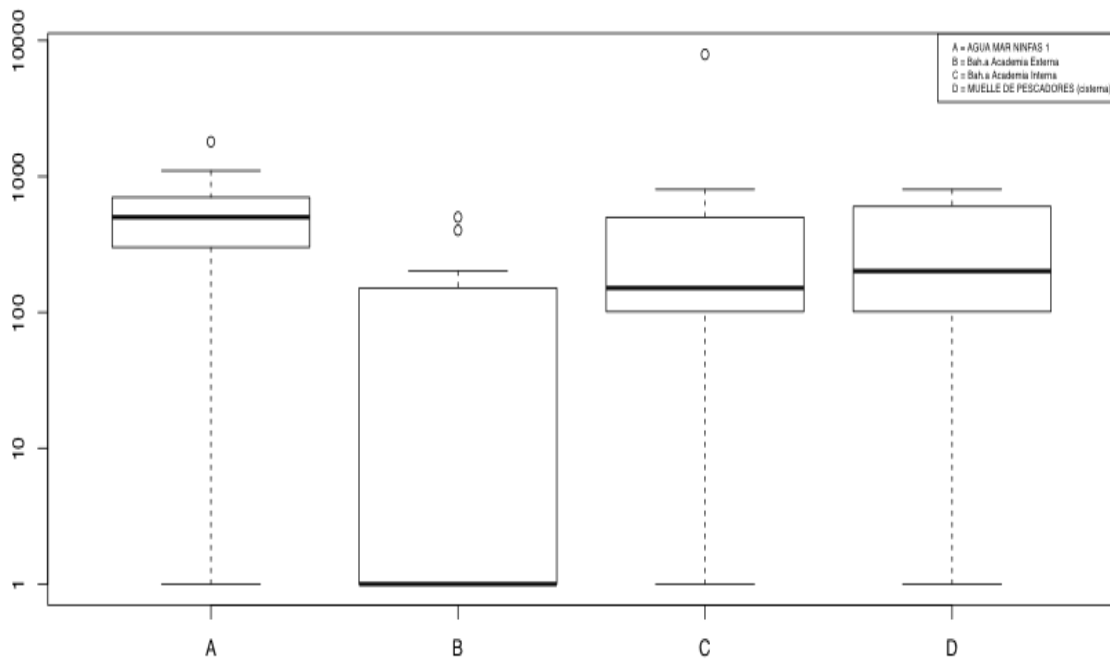


Figura 52. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati in punti d'acqua marina. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

Anche per quanto riguarda le *grietas*, sia quelle della parte alta dell'isola (Figura 53 e Figura 54 con l'asse delle ordinate in scala logaritmica) che in quella secca (Figura 55 e Figura 56 con l'asse delle ordinate in scala logaritmica) si evidenziano diversi valori anomali, mentre per quanto riguarda i *tanques* ci sono degli outliers solo per della FCD.

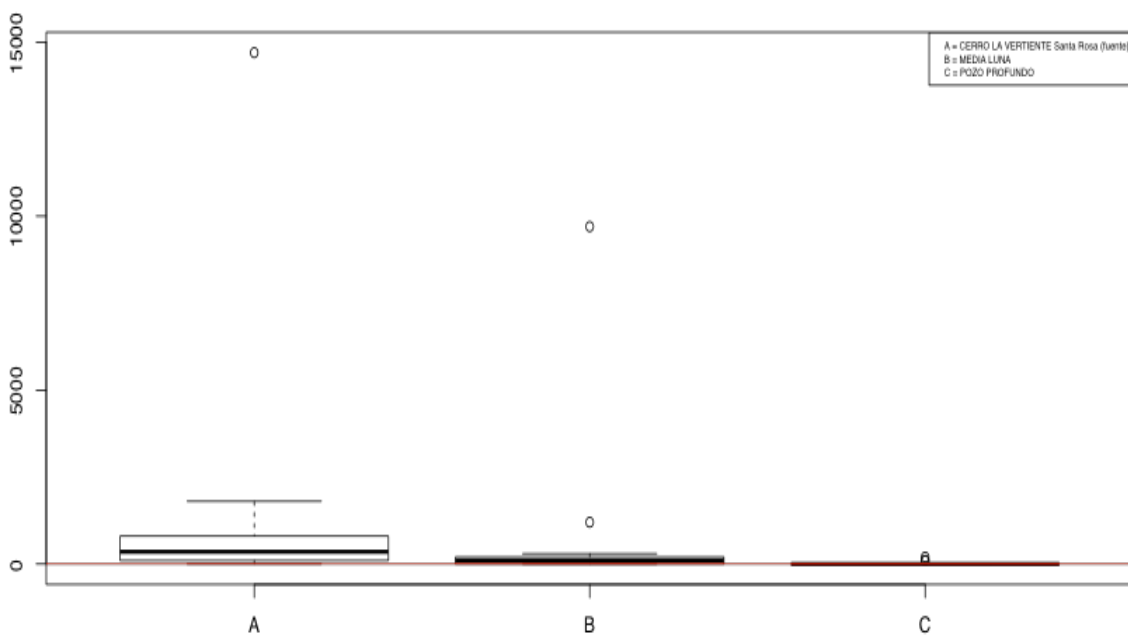


Figura 53. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle *grietas* della parte umida dell'isola. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mg/l. La linea rossa orizzontale rappresenta il limite di legge (0 mg/l).

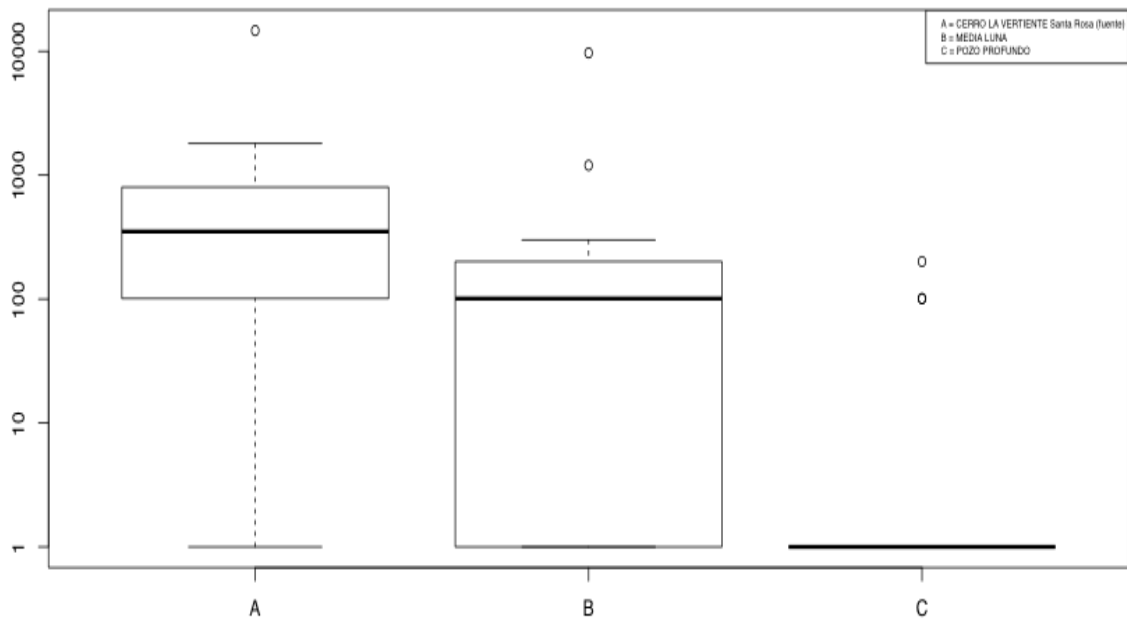


Figura 54. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle *grietas* della parte umida dell'isola. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

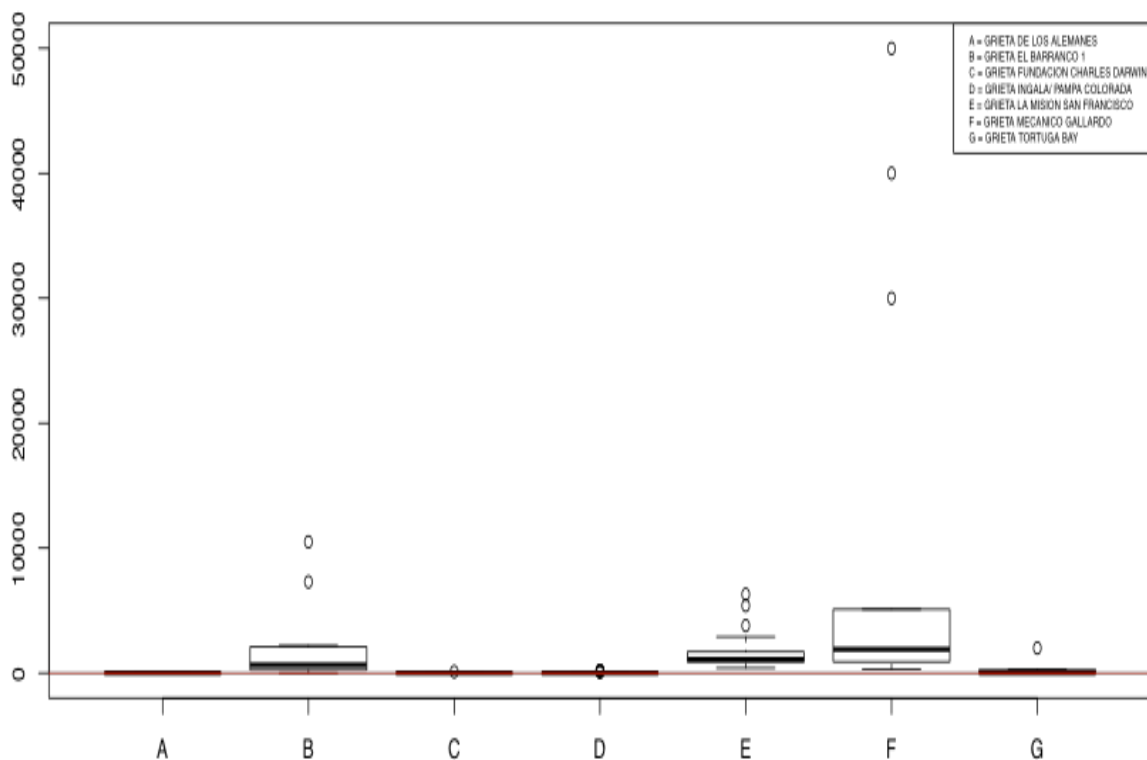


Figura 55 Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle *grietas* della parte secca dell'isola. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mg/l. La linea rossa orizzontale rappresenta il limite di legge (0 mg/l).

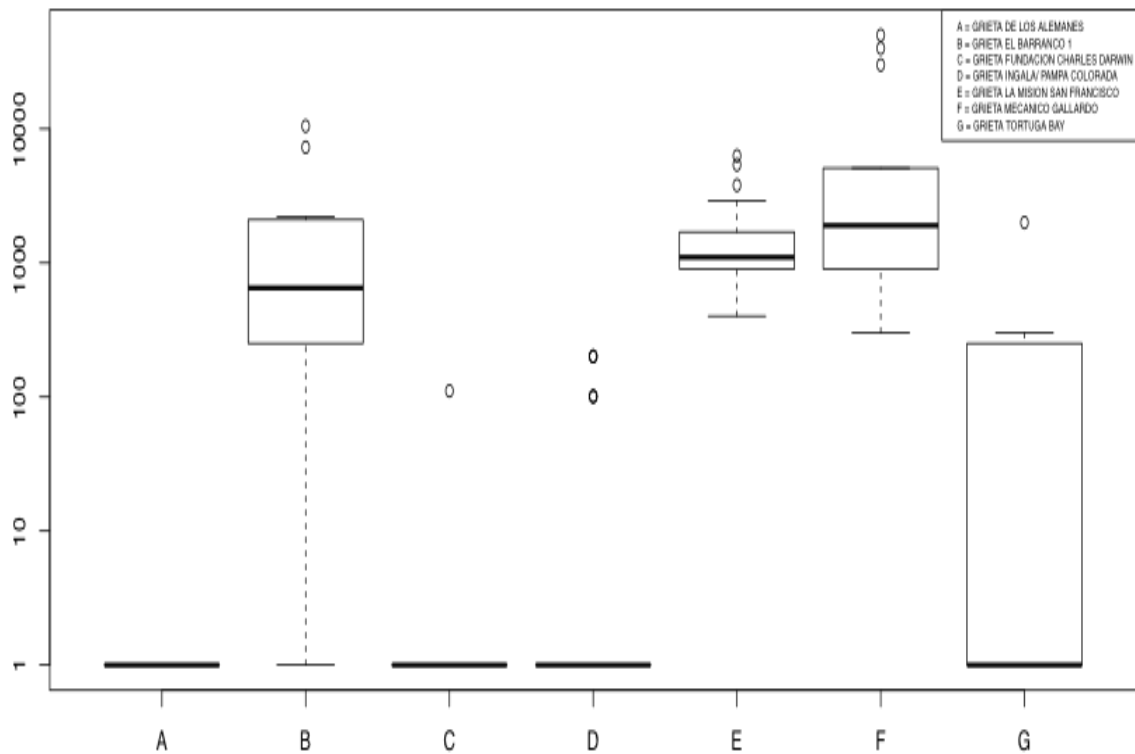


Figura 56. Analisi di dispersione statistica sui valori dei coliformi fecali misurati nelle grietas della parte secca dell'isola. L'asse delle ordinate è in scala logaritmica.

5.1.3.2 Conducibilità

Anche dall'analisi statistica tramite boxplot si può vedere che i valori misurati per la Grieta FCD e la Grieta La Camiseta hanno un'elevata dispersione (Figura 57).

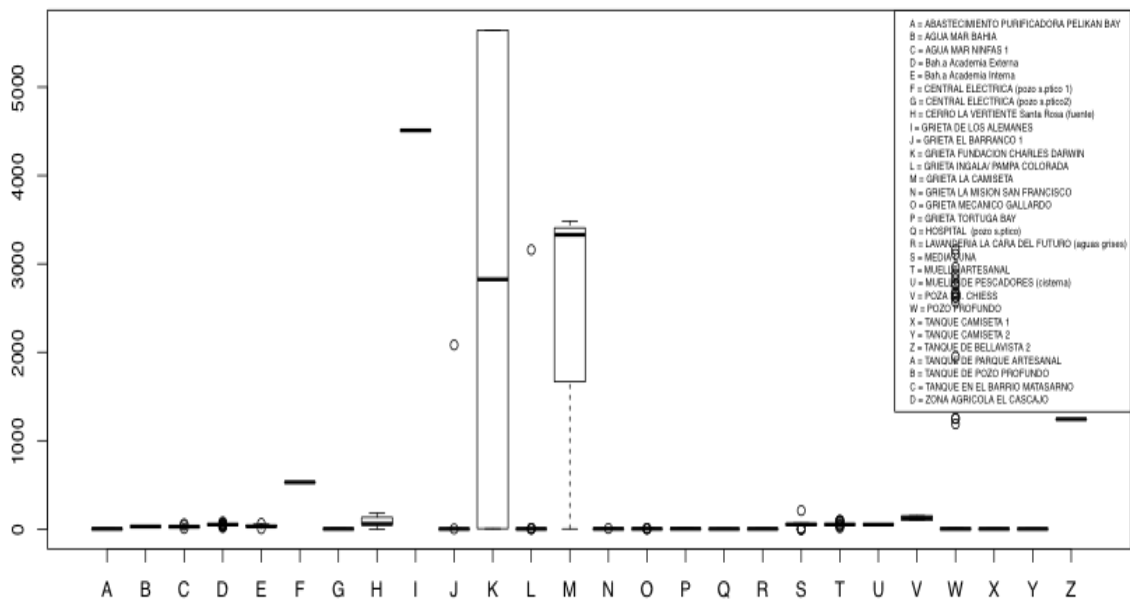


Figura 57. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.

Nella figura 58, invece, sono rappresentati i boxplot dei valori della conducibilità misurati in ogni sito. Ai valori però di questa figura, come già spiegato nel paragrafo precedente, sono state apportate delle correzioni. In questo modo si rilevano diversi valori anomali che nella figura precedente non erano distinguibili. La dispersione maggiore si rileva per i valori misurati nell'Agua Mar Ninfas 1, Bahia Academia Interna e Bahia Academia Externa.

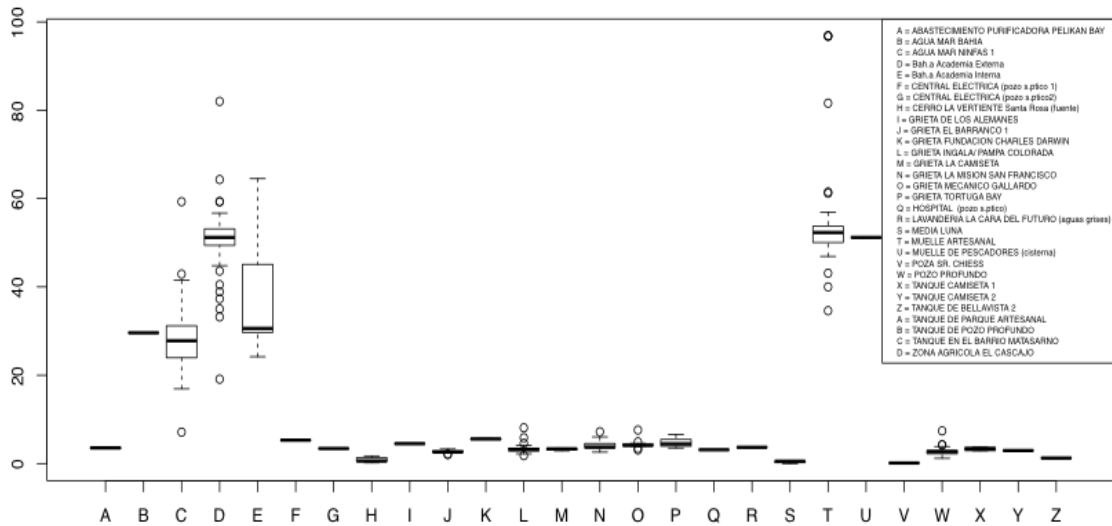


Figura 58. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati (con correzione). L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.

In particolare, nella figura 59 si vede che la dispersione dei valori misurati nei punti d'acqua marina è concentrata intorno alla mediana.

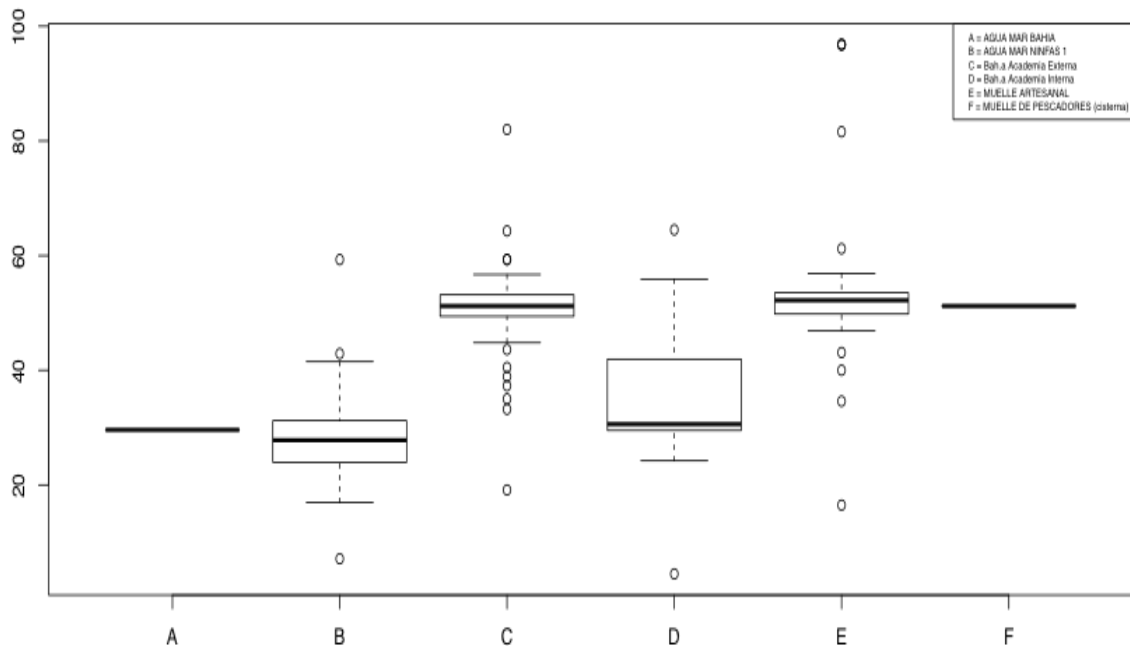


Figura 59. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati nei punti d'acqua marina. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.

Per quanto riguarda, invece, i pozzi della parte secca di Santa Cruz (Figura 60) si evidenzia un'elevata dispersione per i valori misurati nella *Grieta FCD* e nella *Grieta La Camiseta*.

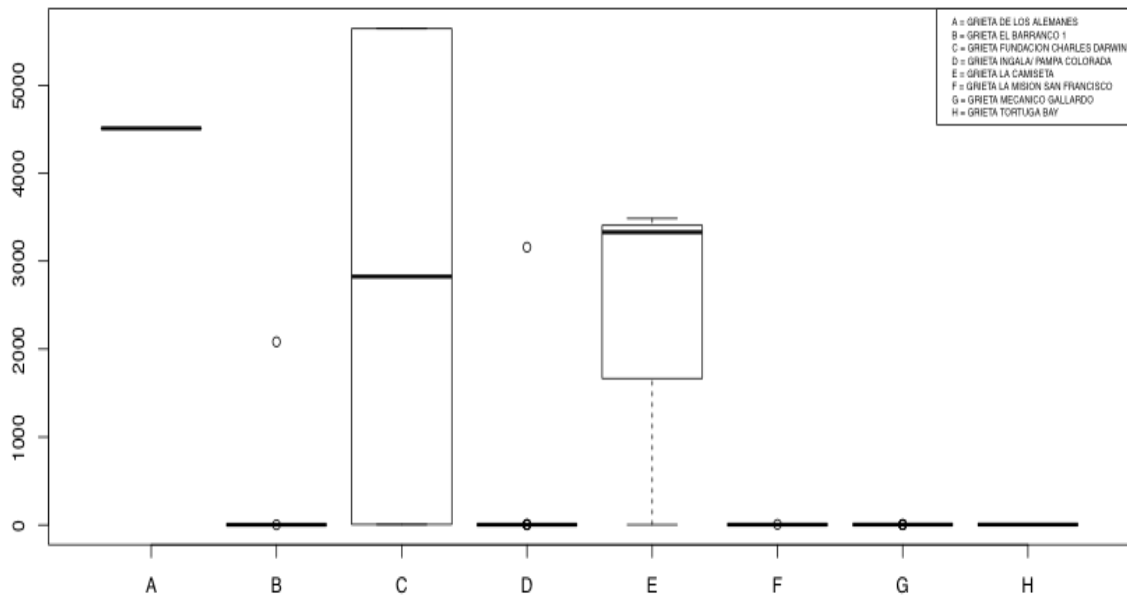


Figura 60. Analisi di dispersione statistica sui valori della conducibilità misurati nelle *grietas* della parte secca dell'isola. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è mS/cm.

5.1.3.3 Torbidità

Nella Figura 61, raffigurante la distribuzione statistica dei valori di torbidità misurati si vede che per la *Poza Sr. Chiess* è presente un'elevata dispersione delle osservazioni, mentre è minore per le misurazioni effettuate nel *Cerro La Vertiente*, *Media Luna* e nella cisterna del *Muelle de Pescadores*.

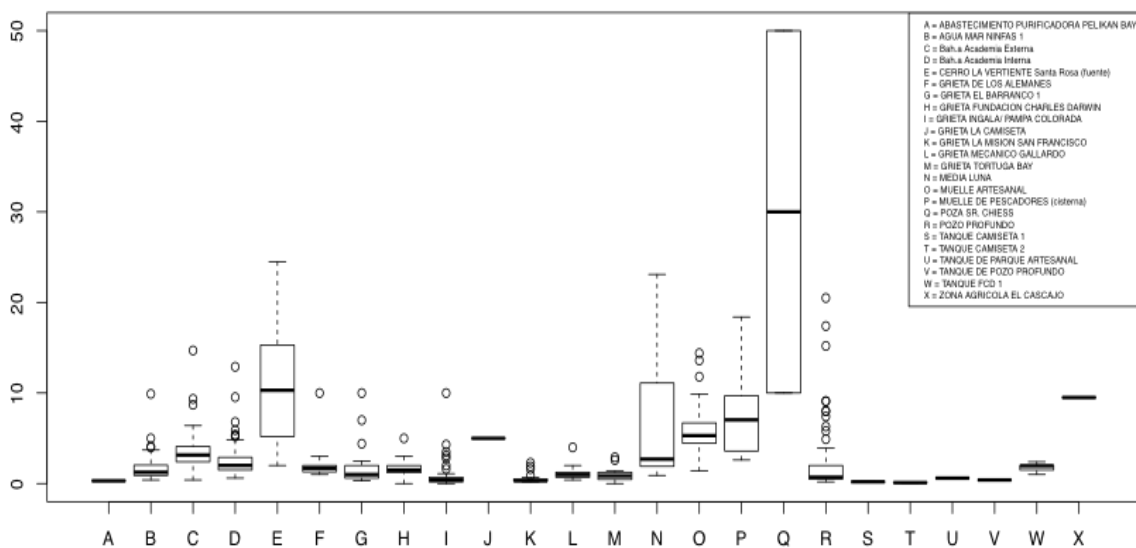


Figura 61. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU.

In particolare, per i siti rappresentanti le *grietas* della parte secca dell'isola emergono numerosi valori anomali (Figura 62), in base all'analisi statistica eseguita, pur rimanendo comunque sotto i limiti di legge (10 mg/l).

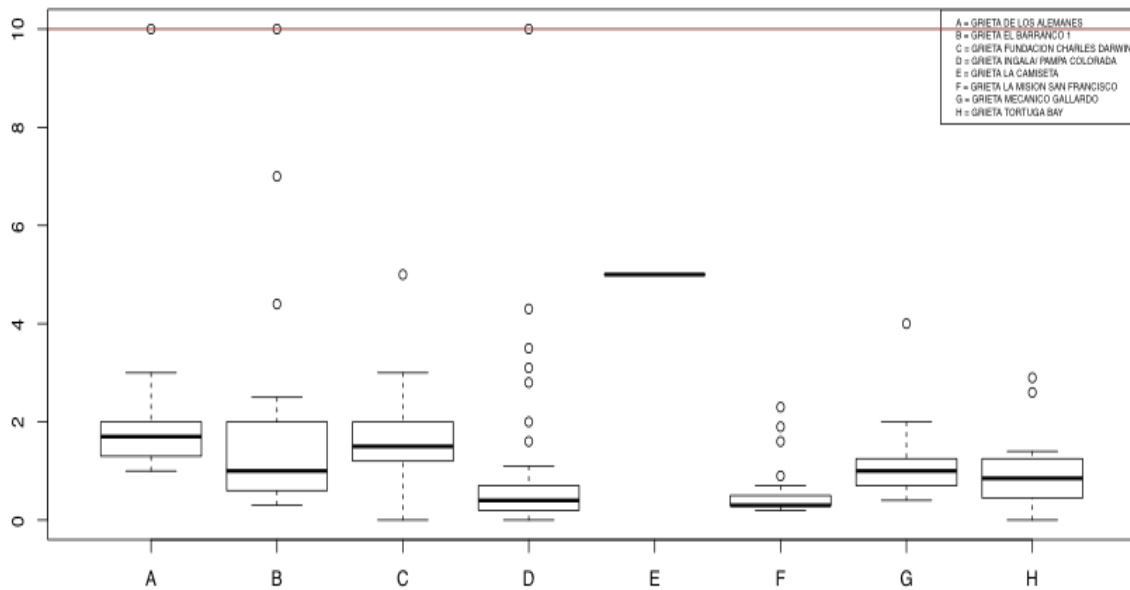


Figura 62. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati nelle *grietas* della parte secca di Santa Cruz. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU. La linea rossa orizzontale rappresenta il limite di legge (10 mg/l).

Per quanto riguarda, invece, i valori di torbidità misurati nelle *grietas* della parte umida dell'isola (Figura 63), la dispersione delle osservazioni è notevolmente maggiore (*Poza Sr. Chiess*) e alcuni valori superano il limite di legge.

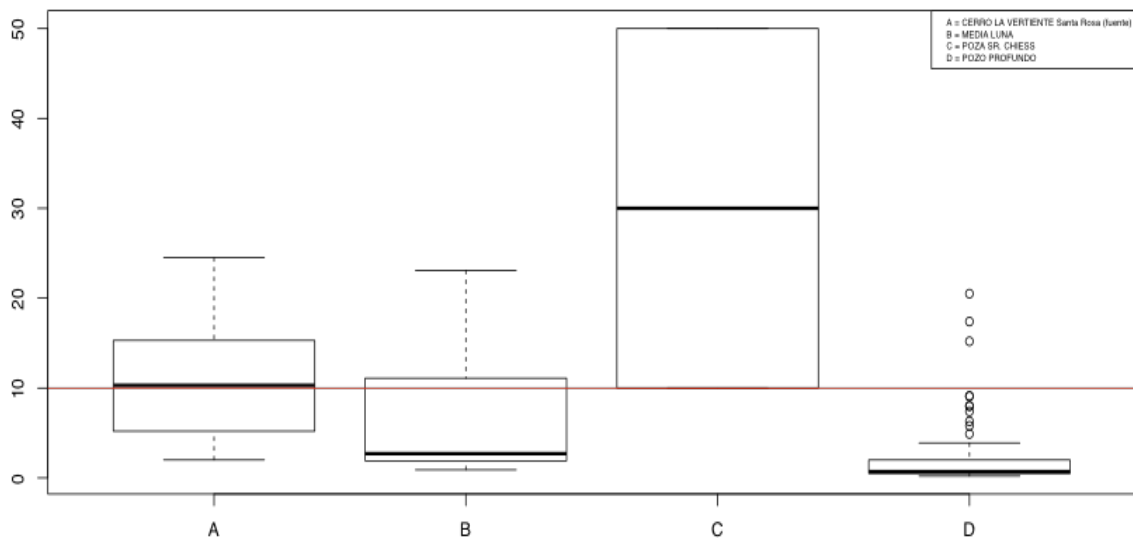


Figura 63. Analisi di dispersione statistica sui valori della torbidità misurati nelle *grietas* della parte alta di Santa Cruz. L'unità di misura dell'asse delle ordinate è NTU. La linea rossa orizzontale rappresenta il limite di legge (10 mg/l).

5.1.4 Considerazioni finali

Per concludere, dall'elaborazione dei dati è stato osservato che:

- Il limite di rilevabilità dello strumento non sempre è idoneo al parametro che si analizza, soprattutto in relazione al limite di legge;
- Le analisi di BOD e COD devono assumere una maggior importanza. Sarebbe opportuno che durante i prossimi monitoraggi siano rilevati almeno nei pozzi settici dei caseifici;
- *Sito privato 1*: molti valori risultano sopra i LMP, quindi sarebbe necessario approfondire la questione visto che la maggior parte della gente e degli hotel si dota di bottiglie "Agua Pelikan Bay".

5.2 Valutazione del carico organico

Nel capitolo precedente (paragrafo 4.4.2) è già stato descritto nel dettaglio il calcolo del carico organico per l'isola di Santa Cruz. Pertanto in questo paragrafo saranno mostrati solo i risultati e la discussione.

Da una preliminare analisi dei calcoli effettuati emerge che il 78% degli abitanti equivalenti dell'isola di Santa Cruz è collocato nella zona agricola e di questa percentuale il 96% è costituito dalla presenza animale (Tabella 17).

Unità di misura	ZONA AGRICOLA (popolazione Bellavista e Santa Rosa)	ZONA AGRICOLA (animali)	TOTALE zona agricola	TOTALE isola
AE	1.832 (INEC, 2010)	45.249 (INEC, 2010)	47.081	60.496
Percentuale	3%	75%	78%	100%
gBOD5/AE*d	109.920	2.714.952	2.824.872	3.629.746
gCOD/AE*d	238.160	5.882.396	6.120.556	7.864.451
gSST/AE*d	164.880	4.072.428	4.237.308	5.444.620
litri/AE*d	366.400	9.049.840	9.416.240	12.099.155
g Azoto tot/AE*d	27.480	678.738	706.218	907.437
g Azoto amm/AE*d	16.488	407.243	423.731	544.462
g Fosforo tot/AE*d	7.328	180.997	188.325	241.983
g Tensioattivi/AE*d	3.664	90.498	94.162	120.992
g Grassi/AE*d	54.960	1.357.476	1.412.436	1.814.873
g Cloruri/AE*d	36.640	904.984	941.624	1.209.915
Coliformi fecali (UFC/100ml): mg/l	1,8*E11	4,5*E12	4,7*E12	6*E12

Tabella 17. Tabella riassuntiva del carico organico della zona agricola e totale dell'isola.

In particolare (Tabella 18), le presenze maggiormente impattanti sull'isola sono dovute alla presenza degli allevamenti avicoli e di bovini. Sarebbe fondamentale che ci fosse un sistema censito e gestito in banche dati riguardante la presenza di capi animali nell'isola di Santa Cruz, vista l'elevata presenza e la significatività dell'impatto.

Lo scopo ultimo sarebbe di poter definire e pianificare le aree di protezione delle acque per evitare che siano contaminate da batteri fecali provenienti dal bestiame.

Inoltre, va precisato che il numero di turisti (247) sull'isola è irrealistico. Sarebbe interessante conoscere precisamente la stagionalità dei turisti, poiché da un'analisi si potrebbe ipotizzare che la loro presenza sia trascurabile.

Nella realtà però i numeri sono nettamente superiori e va considerato che la concentrazione della maggior parte degli hotel (e quindi di turisti) è collocata nella fascia costiera della città di Puerto Ayora.

UNITÀ DI MISURA	CARICO ORGANICO	POPOLAZIONE	TURISTI (su terra)	POLLI	BOVINI	SUINI
Numero presenze		15.000	90.000	130.000	2.120	1.000
coefficiente conversione		1	0,002740	0,20	8,16	1,95
AE	1	15.000	247	26.000	17.299,2	1.950,0
Percentuale (%)		24,8%	0,4%	43,0%	28,6%	3,2%
gBOD5/AE*d	60	900.000	14.795	1.560.000	1.037.952,0	117.000,0
gCOD/AE*d	130	1.950.000	32.055	3.380.000	2.248.896,0	253.500,0
gSST/AE*d	90	1.350.000	22.192	2.340.000	1.556.928,0	175.500,0
litri/AE*d	200	3.000.000	49.315	5.200.000	3.459.840,0	390.000,0
g Azoto tot/AE*d	15	225.000	3.699	390.000	259.488,0	29.250,0
g Azoto amm /AE*d	9	135.000	2.219	234.000	155.692,8	17.550,0
g Fosforo tot /AE*d	4	60.000	986	104.000	69.196,8	7.800,0
g Tensioattivi /AE*d	2	30.000	493	52.000	34.598,4	3.900,0
g Grassi/AE*d	30	450.000	7.397	780.000	518.976,0	58.500,0
g Cloruri/AE*d	20	300.000	4.932	520.000	345.984,0	39.000,0
Coliformi fecali (UFC/100ml): mg/l	1*E08	1.5*E11	24.6*E08	2.6*E11	1.7*E11	1.95*E11

Tabella 18. Tabella relativa il calcolo del carico organico dell'isola di Santa Cruz.

5.3 Proposte di sviluppo futuro

In base ai dati finora presentati, alla conoscenza del sistema ambientale e politico-amministrativo dell'isola di Santa Cruz e come risultato di una corretta gestione e di un possibile sviluppo di uno *Spatial Decision Support System*, verranno presentate alcune possibili soluzioni da mettere in atto per la tutela dell'ambiente e della salute pubblica dell'isola di Santa Cruz.

Gli interventi proposti, e che saranno di seguito descritti, hanno lo scopo di innescare dei meccanismi che permettano una risoluzione dei problemi e una gestione delle risorse idriche a livello locale e autonomo dalla dipendenza di tecnici stranieri.

Le seguenti proposte comprendono interventi sia generali, che mirano a una gestione del problema, che per specifiche aree. Saranno, quindi, prima descritti i suggerimenti che coinvolgono la popolazione (campagna di educazione), scendendo poi nel particolare degli interventi mirati; per quest'ultimi saranno prima proposti quelli considerati prioritari e riguardanti opere già esistenti sull'isola e successivamente le nuove realizzazioni.

La maggior parte degli interventi sono proposti sulla base delle attuali conoscenze sul sistema di Santa Cruz. Non si esclude che come conseguenza di informazioni acquisite da studi futuri più approfonditi, tali suggerimenti possano essere modificati o rigettati a favore di opzioni più appropriate.

5.3.1 Campagna di educazione

Le campagne educative si incentrano su particolari problemi e possono essere organizzate in risposta a un bisogno espresso o per aumentare la consapevolezza della popolazione su determinate tematiche.

Nei paesi in via di sviluppo, infatti, le malattie portate dall'acqua sono un problema importante che si aggiungono alle difficoltà in cui si trovano le popolazioni.

L'acqua è la principale fonte di malattie infettive e la sua purificazione è una procedura necessaria per assicurare la salute pubblica. La contaminazione dell'acqua e la diffusione delle malattie infettive, quindi, devono essere correttamente gestite. Ciò si può realizzare con il trattamento dell'acqua

potabile, le fognature, il trattamento delle acque e con l'educazione della popolazione sull'igiene personale e alimentare.

Per questo motivo, si propone una campagna di educazione sanitaria che miri a rendere i destinatari capaci di compiere scelte e di adottare comportamenti che contribuiscano a tutelare la propria salute e migliorare quindi le condizioni di vita.

Si consiglia di svolgere lezioni e/o conferenze sulle malattie provocate dall'acqua contaminata sia nelle scuole che in luoghi pubblici, alle quali possano partecipare tutti i cittadini.

È importante, inoltre, che tutti gli enti operanti nel settore idrico collaborino insieme per rendere la popolazione consapevole dei danni arrecati dall'acqua contaminata, facendo capire, in particolar modo, quanto sia dannoso il carico e scarico d'acqua dalla stessa *grieta*.



Figura 64. Campagna di educazione sulla raccolta differenziata. Queste immagini sono dipinte sui muri di Puerto Ayora, vicino le scuole. questa tipologia di campagna informativa potrebbe essere seguita anche per l'educazione sanitaria.

5.3.2 Sistemi di depurazione delle acque reflue

Come già accennato, nell'isola di Santa Cruz non esiste un vero e proprio sistema fognario né un impianto di depurazione: solo alcune abitazioni ed edifici di una certa rilevanza (ospedale, caseifici, alberghi, centrale elettrica) sono dotati di pozzi settici (Figura 65).



Figura 65. Pozzo settico della centrale elettrica (Foto di Tringali, agosto 2012).

Il problema consiste nella gestione dei liquami e nella costruzione di questi sistemi. Si propone, infatti, una formazione che permetta ai tecnici locali del settore di elaborare un disegno di progetto che indichi le dimensioni, i luoghi maggiormente idonei e la gestione dei pozzi settici. Una efficace ed efficiente pianificazione dei sistemi di depurazione nell'area urbana di Puerto Ayora permetterebbe una riduzione degli scarichi non controllati prevenendo la contaminazione diffusa delle acque.

Proporre, invece, un impianto di depurazione e una rete fognaria sarebbe un'idea difficilmente gestibile ed efficace a lungo termine, vista la morfologia della cittadina.

Sarebbe piuttosto consigliato costruire un piccolo impianto di depurazione nella zona di Bellavista poiché la morfologia dell'area è più omogenea e la popolazione concentrata in un'area abbastanza ristretta e quindi risulterebbe facilmente gestibile.

Per i caseifici si propone un piccolo biodigestore. Il biogas prodotto potrebbe poi essere utilizzato per la produzione di energia elettrica auto-consumata dal caseificio stesso.

5.3.3 Sanificazione dei serbatoi d'acqua potabile

I *tanques*, come spiegato, sono le cisterne di riserva delle acque emunte dalle varie *grietas* dell'isola. La questione riguarda il loro mantenimento e la manutenzione inesistente.

I serbatoi di acqua potabile tendono, infatti, con il tempo ad accumulare depositi, carichi di materiali e microrganismi che possono compromettere la salubrità dell'acqua circolante.

A riscontro di ciò, è l'elevata torbidità di alcune cisterne che non permettono di mantenere la caratteristica limpidezza originale della fonte, a causa della sedimentazione sul fondo.

Un esempio visibile è il *tanque* di Santa Rosa (Figura 47, paragrafo 5.1.2.3). L'acqua alla fonte appare limpida (Figura 66): la cascata d'acqua deriva dalla filtrazione dell'acqua piovana ad opera delle felci. Tuttavia il passaggio di quest'acqua nel *tanque* la rende torbida e con un elevato contenuto di solidi totali disciolti.



Figura 66. Cerro La Vertiente Santa Rosa, considerata la fonte d'acqua.

Risulta, quindi, fondamentale stabilire un programma di manutenzioni periodiche che preveda una sanificazione dei tanques.

Per questo motivo, si propone di attivare un programma di pulizia e disinfezione dei serbatoi di riserva con periodicità semestrale.

(www.elettromeccanicadetommaso.it/pulizie-serbatoi.html).

5.3.4 Impianto di potabilizzazione ad osmosi inversa

La proposta progettuale di un impianto ad osmosi inversa è stata esposta ed esaminata in un documento sullo studio di impatto ambientale per la costruzione, funzionamento e mantenimento del sistema d'acqua potabile della città di Puerto Ayora, realizzato dalla Consultambiente nell'aprile del 2012.

Oltre a questa proposta, che prevede la realizzazione di quest'impianto nell'area dei *tanques de La Camiseta* (Consultambiente, 2012), si propone anche uno nella zona nord-orientale della città di Puerto Ayora.

L'area nord-orientale della città di Puerto Ayora comprende le *grietas El Barranco* e *La Mision San Francisco*, oltre all'*Abastecimiento Purificadora Pelikan Bay*. Nonostante sia quest'ultimo un impianto di potabilizzazione privato a scopo commerciale, le analisi non lo considererebbero idoneo a tale attività, vista l'elevata contaminazione della *grieta* da cui emunge l'acqua (*grieta La Mision San Francisco*) e la mancanza di strumentazione adeguata per la riduzione delle sostanze inquinanti.

Inoltre, le *grietas* all'interno del territorio cittadino sono ufficialmente dismesse causa contaminazione (Consultambiente, 2012), ma nella realtà la situazione è un'altra e tuttora si preleva acqua a consumo umano da questi pozzi.

Questa zona della città ha la maggior densità di popolazione dell'isola ed è una delle aree cittadine con maggior inquinamento, in particolare di coliformi fecali, vista anche la diffusa usanza di scaricare le acque reflue negli stessi punti di emungimento. È consigliato, per questo motivo, realizzare un impianto di potabilizzazione in quest'area che miri a migliorare le condizioni di salute pubblica.

Un impianto di potabilizzazione ad osmosi inversa garantirebbe, quindi, la distribuzione a una gran parte dei cittadini di un'acqua idonea all'uso umano e

consentirebbe così, anche all'impianto di imbottigliamento *Pelikan Bay*, di commercializzare acqua più sicura. Inoltre, l'osmosi inversa è utilizzata anche per la desalinizzazione, caratteristica fondamentale considerata l'elevata intrusione salina dell'isola di Santa Cruz.

5.3.5 *Laguna de Las Ninfas*

La *Laguna de Las Ninfas* è un ecosistema antropico. Nel 1939 con l'arrivo dei norvegesi e l'apertura del conservificio ittico, questo bacino serviva per lo stazionamento dei tonni prima della mattanza (GADMSC, 2010).

Con l'abbandono dell'attività però è aumentato il degrado del bacino. Tuttavia nel 2011 il PNG e il GADMSC hanno firmato un accordo di collaborazione per il recupero del sito (MAE, 2013).



Figura 67. Laguna de Las Ninfas.

Un anno e mezzo di lavori ha permesso il ripristino ambientale (Figura 67 e 68), promuovendo così la "laguna" anche come sito turistico. La *Laguna de las Ninfas* è considerato dagli abitanti locali un piccolo paradiso all'interno della cittadina, un luogo ludico per i bambini e la gioventù di Santa Cruz.



Figura 68. Passerelle realizzate attorno alla Laguna de Las Ninfas con il ripristino ambientale. Tuttavia dal monitoraggio ambientale successivo al ripristino è emersa una contaminazione del bacino, in particolar modo di coliformi fecali e idrocarburi.

Una delle principali cause della contaminazione batterica è l'ingente quantità di reflui scaricati in questo piccolo bacino, proveniente da abitazioni e hotel che circondano la *Laguna*. Si propone, quindi, di procedere con una mappatura degli scarichi, indicando posizione geografica e tipologia di utenza (abitazione o hotel) per poi progettare un sistema di tubazioni, che raccolgano i reflui per poterli scaricare, o in una fossa settica comune o semplicemente portare la tubazione a mare, a una certa distanza dalla costa; previo studio delle correnti marine della zona per evitare che l'alternarsi della marea non inneschi un processo opposto e dannoso rispetto a quello progettato.

A questo proposito è opportuno esaminare il flusso della marea anche per l'ingresso nella *Laguna* d'idrocarburi provenienti dal porto adiacente (Figura 69). Questa questione si potrebbe risolvere con un sistema di barriere antinquinamento galleggianti.



Figura 69. Ingresso di acqua con evidenti macchie d'olio.

CONCLUSIONE

Con questo elaborato si è cercato di definire le complesse questioni che riguardano la gestione dell'acqua nell'isola di Santa Cruz.

Fondamentale, per la riuscita del presente lavoro, è stato il significato di cooperazione, inteso proprio nel suo concetto letterale di "*partecipazione con altri all'esecuzione di un lavoro, al conseguimento di un fine*": lavorare assieme ai tecnici del Municipio di Santa Cruz, *in primis*, e con gli altri enti operanti nell'isola ha permesso la presente elaborazione, avente lo scopo principale, di supportare gli enti nella gestione delle risorse idriche.

Dal presente elaborato si evince che l'inquinamento idrico e la gestione dell'acqua rappresentano delle criticità a livello globale e, in particolare, in quei Paesi dove si rileva una scarsità d'acqua e la mancanza di un sistema fognario.

Anche nell'arcipelago delle Galápagos tali debilità provocano numerosi problemi a livello gestionale e di salute pubblica.

Nella gestione del sistema idrico, sono dovute soprattutto alle amministrazioni ed enti operanti nel settore stesso, che stanno causando problemi negli aspetti sociali. Infatti, la percezione della popolazione relativa alla qualità delle acque, basata sulle osservazioni dirette del colore delle acque o dei problemi provocati alla salute, sta generando delle false "credenze" e distorcendo la reale situazione.

Dall'analisi dei dati storici, infatti, è evidente che la causa principale della contaminazione delle acque è dovuta alla mancanza di una rete idrica integrata e, quindi, all'assenza di un adeguato sistema fognario. La contaminazione più diffusa è quella derivante dalla presenza di coliformi fecali.

Inoltre, l'analisi dei dati storici evidenzia la mancata condivisione dei dati ambientali.

L'organizzazione e la gestione condivisa delle informazioni è la base per una corretta ed efficiente comprensione del sistema ambientale. Inoltre, un *geodatabase* consente un'organizzazione e una gestione ad alto livello, su una gran quantità di dati. Il problema della condivisione delle informazioni non è

solo una questione tecnica, ma anche politica poiché non tutti gli enti sono disponibili a condividere i dati.

Gli strumenti utilizzati a supporto dei processi di gestione delle risorse idriche servono, quindi, a migliorare la gestione dei dati ambientali e a monitorare e gestire il sistema idrico dell'isola di Santa Cruz.

Per cercare, quindi, di sopperire alle debilità gestionali e grazie alle analisi svolte sui dati storici, nel presente elaborato sono stati proposti dei possibili interventi che mirano a ottimizzare il sistema idrico dell'isola di Santa Cruz. Tali proposte sono focalizzate soprattutto sull'educazione sanitaria, la potabilizzazione e la depurazione delle acque, poiché permetterebbero un miglioramento della qualità microbiologica delle acque.

L'auspicio è che tale lavoro possa essere la base di uno sviluppo sostenibile a lungo termine, permettendo la progettazione di uno *Spatial Decision Support System* che agevoli le amministrazioni locali nel prendere le future decisioni riguardanti il sistema delle acque dell'isola.

Si spera, inoltre, che gli interventi descritti vengano presi in considerazione per prevenire e risolvere veramente i problemi idrici di Santa Cruz.

APPENDICE

Allegato 1: Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua, Libro VI, anexo 1



LIBRO VI ANEXO 1

0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

La presente norma técnica determina o establece:

- a) Los límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para las descargas en cuerpos de aguas o sistemas de alcantarillado;
- b) Los criterios de calidad de las aguas para sus distintos usos; y,
- c) Métodos y procedimientos para determinar la presencia de contaminantes en el agua.

1 OBJETO

La norma tiene como objetivo la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, en lo relativo al recurso agua.

El objetivo principal de la presente norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y del ambiente en general.

Las acciones tendientes a preservar, conservar o recuperar la calidad del recurso agua deberán realizarse en los términos de la presente Norma.

2 DEFINICIONES

Para el propósito de esta norma se consideran las definiciones establecidas en el Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental, y las que a continuación se indican:

2.1 Agua costera

LIBRO VI

ANEXO 1

286



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Es el agua adyacente a la tierra firme, cuyas propiedades físicas están directamente influenciadas por las condiciones continentales.

2.2 Agua marina

Es el agua de los mares y se distingue por su elevada salinidad, también conocida como agua salada. Las aguas marinas corresponden a las aguas territoriales en la extensión y términos que fijen el derecho internacional, las aguas marinas interiores y las de lagunas y esteros que se comuniquen permanentemente.

2.3 Aguas residuales

Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios agrícolas, pecuarios, domésticos, incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, que hayan sufrido degradación en su calidad original.

2.4 Aguas pluviales

Aquellas que provienen de lluvias, se incluyen las que provienen de nieve y granizo.

2.5 Agua dulce

Agua con una salinidad igual o inferior a 0.5 UPS.

2.6 Agua salobre

Es aquella que posee una salinidad entre 0.5 y 30 UPS.

2.7 Agua salina

Es aquella que posee una salinidad igual o superior a 30 UPS.

2.8 Aguas de estuarios

Son las correspondientes a los tramos de ríos que se hallan bajo la influencia de las mareas y que están limitadas en extensión hasta la zona donde la concentración de cloruros es de 250 mg/l o mayor durante los caudales de estiaje.

2.9 Agua subterránea

Es toda agua del subsuelo, que se encuentra en la zona de saturación (se sitúa debajo del nivel freático donde todos los espacios abiertos están llenos con agua, con una presión igual o mayor que la atmosférica).



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.10 Aguas superficiales

Toda aquella agua que fluye o almacena en la superficie del terreno.

2.11 Agua para uso público urbano

Es el agua nacional para centros de población o asentamientos humanos, destinada para el uso y consumo humano, previa potabilización.

2.12 Bioacumulación

Proceso mediante el cual circulan y se van acumulando a lo largo de la cadena trófica una serie de sustancias tóxicas, las cuales pueden alcanzar concentraciones muy elevadas en un determinado nivel.

2.13 Bioensayo acuático

Es el ensayo por el cual se usan las respuestas de organismos acuáticos, para detectar o medir la presencia o efectos de una o más sustancias, elementos, compuestos, desechos o factores ambientales solos o en combinación.

2.14 Capacidad de asimilación

Propiedad que tiene un cuerpo de agua para recibir y depurar contaminantes sin alterar sus patrones de calidad, referido a los usos para los que se destine.

2.15 Caracterización de un agua residual

Proceso destinado al conocimiento integral de las características estadísticamente confiables del agua residual, integrado por la toma de muestras, medición de caudal e identificación de los componentes físico, químico, biológico y microbiológico.

2.16 Carga promedio

Es el producto de la concentración promedio por el caudal promedio, determinados en el mismo sitio.

2.17 Carga máxima permisible

Es el límite de carga que puede ser aceptado en la descarga a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.18 Carga contaminante

Cantidad de un contaminante aportada en una descarga de aguas residuales, expresada en unidades de masa por unidad de tiempo.

2.19 Contaminación de aguas subterráneas

Cualquier alteración de las propiedades físico, química, biológicas de las aguas subterráneas, que pueda ocasionar el deterioro de la salud, la seguridad y el bienestar de la población, comprometer su uso para fines de consumo humano, agropecuario, industriales, comerciales o recreativos, y/o causar daños a la flora, a la fauna o al ambiente en general.

2.20 Cuerpo receptor o cuerpo de agua

Es todo río, lago, laguna, aguas subterráneas, cauce, depósito de agua, corriente, zona marina, estuarios, que sea susceptible de recibir directa o indirectamente la descarga de aguas residuales.

2.21 Depuración

Es la remoción de sustancias contaminantes de las aguas residuales para disminuir su impacto ambiental.

2.22 Descargar

Acción de verter, infiltrar, depositar o inyectar aguas residuales a un cuerpo receptor o a un sistema de alcantarillado en forma continua, intermitente o fortuita.

2.23 Descarga no puntual

Es aquella en la cual no se puede precisar el punto exacto de vertimiento al cuerpo receptor, tal es el caso de descargas provenientes de escorrentía, aplicación de agroquímicos u otros similares.

2.24 Efluente

Líquido proveniente de un proceso de tratamiento, proceso productivo o de una actividad.

2.25 FAO

Organización para la Agricultura y Alimentos de las Naciones Unidas.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.26 Isohalina

Es una línea imaginaria que une los puntos de igual salinidad en un lugar geográfico determinado.

2.27 Isoterma

Es una línea imaginaria que une los puntos de igual temperatura en un lugar geográfico determinado.

2.28 Línea base

Denota el estado de un sistema en un momento en particular, antes de un cambio posterior. Se define también como las condiciones en el momento de la investigación dentro de un área que puede estar influenciada por actividades industriales o humanas.

2.29 Línea de fondo

Denota las condiciones ambientales imperantes, antes de cualquier perturbación. Es decir, significa las condiciones que hubieran predominado en ausencia de actividades antropogénicas, sólo con los procesos naturales en actividad.

2.30 Metales pesados

Metales de número atómico elevado, como cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, mercurio, níquel, plomo, y zinc, entre otros, que son tóxicos en concentraciones reducidas y tienden a la bioacumulación.

2.31 Módulo

Conjunto unitario que se repite en el sistema de tratamiento, cumple con el propósito de mantener el sistema de tratamiento trabajando, cuando se proporciona mantenimiento al mismo.

2.32 Oxígeno disuelto

Es el oxígeno libre que se encuentra en el agua, vital para las formas de vida acuática y para la prevención de olores.

2.33 Pesticida o plaguicida

Los pesticidas son sustancias usadas para evitar, destruir, repeler o ejercer cualquier otro tipo de control de insectos, roedores, plantas, malezas indeseables u otras formas de vida inconvenientes. Los pesticidas se clasifican en: Organoclorados,



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

organofosforados, organomercuriales, carbamatos, piretroides, bupiridilos, y warfaríneos, sin ser esta clasificación limitativa.

2.34 Polución o contaminación del agua

Es la presencia en el agua de contaminante en concentraciones y permanencias superiores o inferiores a las establecidas en la legislación vigente capaz de deteriorar la calidad del agua.

2.35 Polución térmica

Descargas de agua a mayor o menor temperatura que aquella que se registra en el cuerpo receptor al momento del vertido, provenientes de sistemas industriales o actividades humanas.

2.36 Pozo u obra de captación

Cualquier obra, sistema, proceso, artefacto o combinación, construidos por el hombre con el fin principal o incidental de extraer agua subterránea.

2.37 Pozo artesiano

Pozo perforado en un acuífero, cuyo nivel de agua se eleva sobre la superficie del suelo.

2.38 Pozo tubular

Pozo de diámetro reducido, perforado con un equipo especializado.

2.39 Río

Corriente de agua natural, perenne o intermitente, que desemboca a otras corrientes, embalses naturales o artificiales, lagos, lagunas o al mar.

2.40 Toxicidad

Se considera tóxica a una sustancia o materia cuando debido a su cantidad, concentración o características físico, químicas o infecciosas presenta el potencial de:

- a) Causar o contribuir de modo significativo al aumento de la mortalidad, al aumento de enfermedades graves de carácter irreversible o a las incapacitaciones reversibles.
- b) Que presente un riesgo para la salud humana o para el ambiente al ser tratados, almacenados, transportados o eliminados de forma inadecuada.
- c) Que presente un riesgo cuando un organismo vivo se expone o está en contacto con la sustancia tóxica.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

2.41 Toxicidad en agua

Es la propiedad de una sustancia, elemento o compuesto, de causar efecto letal u otro efecto nocivo en 4 días a los organismos utilizados para el bioensayo acuático.

2.42 Toxicidad crónica

Es la habilidad de una sustancia o mezcla de sustancias de causar efectos dañinos en un período extenso, usualmente después de exposiciones continuas o repetidas.

2.43 Tratamiento convencional para potabilizar el agua

Son las siguientes operaciones y procesos: Coagulación, floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

2.44 Tratamiento convencional para efluentes, previa a la descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado

Es aquel que está conformado por tratamiento primario y secundario, incluye desinfección.

Tratamiento primario. - Contempla el uso de operaciones físicas tales como: Desarenado, mezclado, floculación, flotación, sedimentación, filtración y el desbaste (principalmente rejas, mallas, o cribas) para la eliminación de sólidos sedimentables y flotantes presentes en el agua residual.

Tratamiento secundario. - Contempla el empleo de procesos biológicos y químicos para remoción principalmente de compuestos orgánicos biodegradables y sólidos suspendidos.

El tratamiento secundario generalmente está precedido por procesos de depuración unitarios de tratamiento primario.

2.45 Tratamiento Avanzado para efluentes, previo descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado

Es el tratamiento adicional necesario para remover sustancias suspendidas y disueltas que permanecen después del tratamiento convencional para efluentes.

2.46 UPS

Unidad práctica de salinidad y representa la cantidad de gramos de sales disueltas en un kilo de agua.

2.47 Usuario



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Es toda persona natural o jurídica de derecho público o privado, que utilice agua tomada directamente de una fuente natural o red pública.

2.48 Valores de línea de base

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de base.

2.49 Valores de fondo

Parámetros o indicadores que representan cuantitativa o cualitativamente las condiciones de línea de fondo.

2.50 Zona de mezcla

Es el área técnicamente determinada a partir del sitio de descarga, indispensable para que se produzca una mezcla homogénea en el cuerpo receptor.

3 CLASIFICACION

3.1 Criterios de calidad por usos

1. Criterios de calidad para aguas destinadas al consumo humano y uso doméstico, previo a su potabilización.
2. Criterios de calidad para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios.
3. Criterios de calidad para aguas subterráneas.
4. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola o de riego.
5. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario.
6. Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
7. Criterios de calidad para aguas de uso estético.
8. Criterios de calidad para aguas utilizadas para transporte.
9. Criterios de calidad para aguas de uso industrial.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

3.2 Criterios generales de descarga de efluentes

1. Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado como a los cuerpos de agua.
2. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado.
3. Límites permisibles, disposiciones y prohibiciones para descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor.
 - a) Descarga a un cuerpo de agua dulce.
 - b) Descarga a un cuerpo de agua marina.

4 DESARROLLO

4.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

- a) Consumo humano y uso doméstico.
- b) Preservación de Flora y Fauna.
- c) Agrícola.
- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia.

4.1.20 Criterios de calidad para aguas de consumo humano y uso doméstico

4.1.1.1 Se entiende por agua para consumo humano y uso doméstico aquella que se emplea en actividades como:

- a) Bebida y preparación de alimentos para consumo,
- b) Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios,



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

c) Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

4.1.1.2 Esta Norma se aplica durante la captación de la misma y se refiere a las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de tratamiento convencional, deberán cumplir con los siguientes criterios (ver tabla 1):

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio	Al	mg/l	0,2
Amoniaco	N-Amoniacal	mg/l	1,0
Amonio	NH ₄	mg/l	0,05
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloruro	Cl	mg/l	250
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Coliformes Totales	nmp/100 ml		3 000
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		600
Color	color real	unidades de color	100
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2,0
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500

Continua...

Continuación...

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
------------	----------------	--------	---------------------------



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Bifenilo policlorados/PCBs	Concentración de PCBs totales	µg/l	0,0005
Fluoruro (total)	F	mg/l	1,5
Hierro (total)	Fe	mg/l	1,0
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Es permitido olor y sabor removible por tratamiento convencional
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de saturación y no menor a 6mg/l
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sólidos disueltos totales		mg/l	1 000
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Temperatura		°C	Condición Natural ± 0 – 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	100
Zinc	Zn	mg/l	5,0



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
*Productos para la desinfección		mg/l	0,1
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	µg/l	10,0
Benzo(a) pireno		µg/l	0,01
Etilbenceno		µg/l	700
Estireno		µg/l	100
Tolueno		µg/l	1 000

Continua...

Continuación...

TABLA 1. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieren tratamiento convencional.

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Xilenos (totales)		µg/l	10 000
Pesticidas y herbicidas			
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Dibromocloropropano (DBCP)	Concentración total de DBCP	µg/l	0,2
Dibromoetileno (DBE)	Concentración total de DBE	µg/l	0,05
Dicloropropano (1,2)	Concentración	µg/l	5



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetro	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
	total de dicloropropano		
Diquat		µg/l	70
Glifosato		µg/l	200
Toxafeno		µg/l	5
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		µg/l	3
Dicloroetano (1,2-)		µg/l	10
Dicloroetileno (1,1-)		µg/l	0,3
Dicloroetileno (1,2-cis)		µg/l	70
Dicloroetileno (1,2-trans)		µg/l	100
Diclorometano		µg/l	50
Tetracloroetileno		µg/l	10
Tricloroetano (1,1,1-)		µg/l	200
Tricloroetileno		µg/l	30
Clorobenceno		µg/l	100
Diclorobenceno (1,2-)		µg/l	200
Diclorobenceno (1,4-)		µg/l	5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,01
Bromoximil		µg/l	5
Diclorometano		µg/l	50
Tribrometano		µg/l	2

Nota:

Productos para la desinfección: Cloroformo, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano y Bromoformo.

4.1.1.3 Las aguas para consumo humano y uso doméstico, que únicamente requieran de desinfección, deberán cumplir con los requisitos que se mencionan a continuación (ver tabla 2):

TABLA 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Aceites y Grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Aluminio total	Al	mg/l	0,1
Amoniaco	N-amoniacal	mg/l	1,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1
Boro (total)	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,01
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Color	color real	Unidades de color	20
Coliformes Totales	nmp/100 ml		50*
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	250
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,05
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	2
Dureza	CaCO ₃	mg/l	500
Estaño	Sn	mg/l	2,0
Fluoruros	F	mg/l	Menor a 1,4
Hierro (total)	Fe	mg/l	0,3
Litio	Li	mg/l	2,5
Manganeso (total)	Mn	mg/l	0,1
Materia Flotante			Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Nitrato	N-Nitrato	mg/l	10,0
Nitrito	N-Nitrito	mg/l	1,0
Olor y sabor			Ausencia
Oxígeno disuelto	O.D	mg/l	No menor al 80% del oxígeno de



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
			saturación y no menor a 6 mg/l

Continua...

Continuación...

TABLA 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500
Temperatura	°C		Condición Natural +/- 3 grados
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Turbiedad		UTN	10
Uranio Total		mg/l	0,02
Vanadio	V	mg/l	0,1
Zinc	Zn	mg/l	5,0
Hidrocarburos Aromáticos			
Benceno	C ₆ H ₆	mg/l	0,01
Benzo-a- pireno		mg/l	0,00001
Pesticidas y Herbicidas			
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,01
Organofosforados y carbamatos	Concentración de organofosfora	mg/l	0,1



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Toxafeno	dos y carbamatos totales.	µg/l	0,01
Compuestos Halogenados			
Tetracloruro de carbono		mg/l	0,003
Dicloroetano (1,2-)		mg/l	0,01
Tricloroetano (1,1,1-)		mg/l	0,3

Nota:

*Cuando se observe que más del 40% de las bacterias coliformes representadas por el Índice NMP, pertenecen al grupo coliforme fecal, se aplicará tratamiento convencional al agua a emplearse para el consumo humano y doméstico.

4.1.2 Criterios de calidad de aguas para la preservación de flora y fauna en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios

4.1.2.1 Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pesca y acuicultura.

4.1.2.2 Los criterios de calidad para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, aguas marinas y de estuario, se presentan a continuación (ver tabla 3):

TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permissible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Clorofenoles	Concentración total de PCBs.	mg/l	0,5	0,5	0,5
Bifenilos policlorados/PCBs		mg/l	0,001	0,001	0,001



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Oxígeno Disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% y no menor a 6 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l	No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		6, 5-9	6, 5-9	6, 5-9, 5
Sulfuro de hidrógeno ionizado	H ₂ S	mg/l	0,0002	0,0002	0,0002
Amoniaco	NH ₃	mg/l	0,02	0,02	0,4
Aluminio	Al	mg/l	0,1	0,1	1,5
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	0,1	1,5
Boro	B	mg/l	0,75	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,001	0,005
Cianuro Libre	CN ⁻	mg/l	0,01	0,01	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,18	0,18	0,17
Cloro residual	Cl	mg/l	0,01	0,01	0,01
Estaño	Sn	mg/l			2,00
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2	0,2
Plomo	Pb	mg/l			0,01
Cobre	Cu	mg/l	0,02	0,02	0,05
Cromo total	Cr	mg/l	0,05	0,05	0,05
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001	0,001
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5	0,5
Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs)	Concentración total de HAPs	mg/l	0,0003	0,0003	0,0003
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1	0,1



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Materia flotante	visible		Ausencia	Ausencia	Ausencia

Continua...

Continuación...

TABLA 3. Criterios de Calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuario.

Parámetros	Expresados como	Unidad	Límite máximo permisible		
			Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y de estuario
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,025	0,1
Plaguicidas organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0	10,0
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05	0,05
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,01	0,005
Selenio	Se	mg/l	0,01	0,01	0,01
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5	0,5
Temperatura	°C		Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3	Condiciones naturales + 3
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		Máxima 20 200	Máxima 32 200	Máxima 32 200



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.1.2.3 Además de los criterios indicados (ver tabla 3), se utilizarán los siguientes valores máximos (ver tabla 4) para la interpretación de la calidad de las aguas.

TABLA 4. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Acenaftileno	µg/l	7	2
Acrilonitrilo	µg/l		26
Acroleina	µg/l	0,05	0,2
Antimonio (total)	µg/l		16
Benceno	µg/l	7	300
BHC-ALFA	µg/l		0,01
BHC-BETA	µg/l		0,01
BHC-DELTA	µg/l		0,01

Continua...

Continuación...

TABLA 4. Límites máximos permisibles adicionales para la interpretación de la calidad de las aguas.

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Clorobenceno	µg/l		15
Clorofenol (2-)	µg/l	30	7
Diclorobenceno	µg/l	2	2,5
Diclorobenceno (1,4-)	µg/l		4
Dicloroetano (1,2-)	µg/l	113	200
Dicloroetilenos	µg/l	224	12



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Unidad	Límite máximo permisible	
		Agua Marina	Agua Dulce
Dicloropropanos	µg/l	31	57
Dicloropropenos	µg/l	0,8	2
Difenil Hidrazina (1,2)	µg/l		0,3
Dimetilfenol (2,4-)	µg/l		2
Dodecacloro + Nonacloro	µg/l	0,001	
Etilbenceno	µg/l	0,4	700
Fluoruro total	µg/l	1 400	4
Hexaclorobutadieno	µg/l	0,03	0,1
Hexaclorociclopentadieno	µg/l	0,007	0,05
Naftaleno	µg/l	2	6
Nitritos	µg/l	1 000	60
Nitrobenceno	µg/l	7	27
Nitrofenoles	µg/l	5	0,2
PCB (total)	µg/l	0,03	0,001
Pentaclorobenceno	µg/l		0,03
Pentacloroetano	µg/l	3	4
P-clorometacresol	µg/l		0,03
Talio (total)	µg/l	2	0,4
Tetraclorobenceno (1,2,3,4-)	µg/l		0,1
Tetraclorobenceno (1,2,4,5-)	µg/l		0,15
Tetracloroetano (1,1,2,2-)	µg/l	9	24
Tetracloroetileno	µg/l	5	260
Tetraclorofenoles	µg/l	0.5	1
Tetracloruro de carbono	µg/l	50	35
Tolueno	µg/l	50	300
Toxafeno	µg/l	0,005	0,000
Tricloroetano (1,1,1)	µg/l	31	18
Tricloroetano (1,1,2)	µg/l		94
Tricloroetileno	µg/l	2	45
Uranio (total)	µg/l	500	20
Vanadio (total)	µg/l		100



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.1.2.4 Además de los parámetros indicados dentro de esta norma, se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

La turbiedad de las aguas de estuarios debe ser considerada de acuerdo a los siguientes límites:

- a) Condición natural (Valor de fondo) más 5%, si la turbiedad natural varía entre 0 y 50 UTN (unidad de turbidez nefelométrica);
- b) Condición natural (Valor de fondo) más 10%, si la turbiedad natural varía entre 50 y 100 UTN, y,
- c) Condición natural (Valor de fondo) más 20%, si la turbiedad natural es mayor que 100 UTN;
- d) Ausencia de sustancias antropogénicas que produzcan cambios en color, olor y sabor del agua en el cuerpo receptor, de modo que no perjudiquen a la flora y fauna acuáticas y que tampoco impidan el aprovechamiento óptimo del cuerpo receptor.

4.1.3 Criterios de calidad para aguas subterráneas

A continuación se establecen criterios de calidad a cumplirse, al utilizar las aguas subterráneas.

4.1.3.1 Todos los proyectos que impliquen la implementación de procesos de alto riesgo ambiental, como: petroquímicos, carboquímicos, cloroquímicos, usinas nucleares, y cualquier otra fuente de gran impacto, peligrosidad y riesgo para las aguas subterráneas cuando principalmente involucren almacenamiento superficial o subterráneo, deberá contener un informe detallado de las características hidrogeológicas de la zona donde se implantará el proyecto, que permita evaluar la vulnerabilidad de los acuíferos, así como una descripción detallada de las medidas de protección a ser adoptadas.

4.1.3.2 La autorización para realizar la perforación de pozos tubulares (uso del agua) será otorgada por el CNRH, previo a la presentación por parte del interesado, de la siguiente información:

- a) Localización del pozo en coordenadas geográficas, y



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

- b) Uso pretendido o actual del agua.
- c) Datos técnicos de los pozos de monitoreo para la calidad del agua y remediación.

4.1.3.3 Los responsables por pozos tubulares estarán obligados a proporcionar al CNRH, al inicio de la captación de las aguas subterráneas o en cualquier época, la siguiente información:

- a) Copia del perfil geológico y características técnicas del pozo.
- b) Localización del pozo en coordenadas geográficas.
- c) Uso pretendido y actual del agua, y
- d) Análisis físico-químico y bacteriológico, efectuado en los últimos seis (6) meses, del agua extraída del pozo, realizado por un laboratorio acreditado.

4.1.3.4 Los responsables de pozos tubulares estarán obligados a reportar al CNRH, la desactivación temporal o definitiva del pozo.

4.1.3.5 Los pozos abandonados, temporal o definitivamente, y todas las perforaciones realizadas para otros fines, deberán, después de retirarse las bombas y tuberías, ser adecuadamente tapados con material impermeable y no contaminante, para evitar la contaminación de las aguas subterráneas. Todo pozo deberá ser técnica y ambientalmente abandonado.

4.1.3.6 De existir alteración comprobada de la calidad de agua de un pozo, el responsable, deberá ejecutar las obras necesarias para remediar las aguas subterráneas contaminadas y el suelo afectado.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas subterráneas, se presentan a continuación (ver tabla 5):



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Arsénico (total)	As	µg/l	35
Bario	Ba	µg/l	338
Cadmio	Cd	µg/l	3,2
Cianuro (total)	CN-	µg/l	753
Cobalto	Co	µg/l	60
Cobre	Cu	µg/l	45
Cromo total	Cr	µg/l	16
Molibdeno	Mo	µg/l	153
Mercurio (total)	Hg	µg/l	0,18
Níquel	Ni	µg/l	45
Plomo	Pb	µg/l	45
Zinc	Zn	µg/l	433
Compuestos aromáticos.			
Benceno.	C ₆ H ₆	µg/l	15
Tolueno.		µg/l	500
Estireno		µg/l	150
Etilbenceno		µg/l	75
Xileno (Suma) ¹		µg/l	35
Fenol		µg/l	1 000
Cresol ²		µg/l	100
Hidroquinona		µg/l	400
Hidrocarburos aromáticos policíclicos.			
Naftaleno		µg/l	35
Fenantreno.		µg/l	2,5
Antraceno		µg/l	2,5
Fluoranteno		µg/l	0,5

Continua...

¹ Sumatoria de las formas: Meta, orto y paraxileno

² Sumatoria de las formas: Meta, orto y paracresol.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Continuación...

TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Benzo(a)antraceno		µg/l	0,25
Criseno		µg/l	0,026
Benzo(k)fluoranteno		µg/l	0,026
Benzo(a)pireno		µg/l	0,026
Benzo(ghi)perileno		µg/l	0,025
Indenol (1,2,3 cd)		µg/l	0,025
pireno			
Hidrocarburos Clorados.			
Diclorometano		µg/l	500
Triclorometano		µg/l	200
Tetraclorometano		µg/l	5,0
1,1-dicloroetano		µg/l	1 300
1,2-dicloroetano		µg/l	200
1,1,1- tricloroetano		µg/l	275
1,1,2-tricloroetano		µg/l	750
Vinilclorado		µg/l	0,35
Cis-1,2- dicloetano		µg/l	650
Tricloroetano		µg/l	250
Tetracloroetano		µg/l	20
Monoclorobenceno		µg/l	90
Diclorobenceno (Suma)		µg/l	25
Triclorobenceno (Suma)		µg/l	5
Tetraclorobenceno (Suma)		µg/l	1,26
Pentaclorobenceno		µg/l	0,5
Hexaclorobenceno		µg/l	0,26
Monoclorofenol (Suma)		µg/l	50



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Diclorofenol (Suma)		µg/l	15
Triclorofenol (Suma)		µg/l	5
Tetraclorofenol		µg/l	5
Pentaclorofenol		µg/l	1,5
Cloronaftaleno		µg/l	3
PCBs (Suma) ³		µg/l	0,01

Continua...

Continuación...

TABLA 5. Criterios referenciales de calidad para aguas subterráneas, considerando un suelo con contenido de arcilla entre (0-25,0) % y de materia orgánica entre (0 - 10,0) %.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Pesticidas			
Organoclorados			
DDD, DDE, DDT (Suma) ⁴		µg/l	0,005
Drins (Suma) ⁵		µg/l	0,05
HCH-Compuestos (Suma) ⁶		µg/l	0,5
Carbamatos			
Carbaril		µg/l	0,06
Carbofuran		µg/l	0,06
Maneb		µg/l	0,05
Organonitrogenados			
Atrazina		µg/l	0,05

³ Suma de Bifenilos Policlorados Totales: Formas PCB 28, 52, 101, 138, 153 Y 180.

⁴ Suma de DDD, DDE y DDT.

⁵ Suma de Aldrín, Endrín, y Dieldrín.

⁶ Suma de los isómeros del Hexaclorociclohexano: alfa, beta, gama.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Compuestos remanentes			
Ciclohexanos		µg/l	7 500
Ftalatos (Suma) ⁷		µg/l	2,75
Hidrocarburos totales de petróleo		µg/l	325
Piridina		µg/l	1,75
Tetrahidrofurano		µg/l	0,75
Tetrahidrotiofeno		µg/l	15

4.1.3.7 El Ministerio del Ambiente dictará una Subnorma específica como complemento a la presente, referente a aguas subterráneas.

4.1.4 Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes.

Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma.

Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación (ver tabla 6) :

TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1

⁷ Suma de Ftalatos totales.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Boro (total)	B	mg/l	1,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,01
Carbamatos totales	Concentración total de carbamatos	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobalto	Co	mg/l	0,05
Cobre	Cu	mg/l	2,0
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,1
Fluor	F	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	5,0
Litio	Li	mg/l	2,5
Materia flotante visible			Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,2
Molibdeno	Mo	mg/l	0,01
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,001
Níquel	Ni	mg/l	0,2
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Plata	Ag	mg/l	0,05
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,02

Continua...

Continuación...

TABLA 6. Criterios de calidad admisibles para aguas de uso agrícola



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000,0
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	0,1
Aceites y grasa	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Coniformes Totales	nmp/100 ml		1 000
Huevos de parásitos		Huevos por litro	cero
Zinc	Zn	mg/l	2,0

Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (ver tabla 7):



TABLA 7. PARÁMETROS DE LOS NIVELES GUÍA DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA RIEGO

PROBLEMA POTENCIAL	UNIDADES	*GRADO DE RESTRICCIÓN.			
		Ninguno	Ligero	Moderado	Severo
Salinidad (1):					
CE (2)	Milimhos/cm	0,7	0,7	3,0	>3,0
SDT (3)	mg/l	450	450	2000	>2000
Infiltración (4):					
RAS = 0 – 3 y CE		0,7	0,7	0,2	< 0,2
RAS = 3 – 6 y CE		1,2	1,2	0,3	< 0,3
RAS = 6 – 12 y CE		1,9	1,9	0,5	< 0,5
RAS = 12 – 20 y CE		2,9	2,9	1,3	<1,3
RAS = 20 – 40 y CE		5,0	5,0	2,9	<2,9
Toxicidad por ión específico (5):					
- Sodio:					
Irrigación superficial RAS (6)		3,0	3,0	9	> 9,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Cloruros					
Irrigación superficial	meq/l	4,0	4,0	10,0	>10,0
Aspersión	meq/l	3,0	3,0		
- Boro					
	mg/l	0,7	0,7	3,0	> 3,0
Efectos misceláneos (7):					
- Nitrógeno (N-NO3)	mg/l	5,0	5,0	30,0	>30,0
- Bicarbonato (HCO3)	meq/l	1,5	1,5	8,5	> 8,5
pH	Rango normal	6,5 – 8,4			

*Es un grado de limitación, que indica el rango de factibilidad para el uso del agua en riego.

- (1) Afecta a la disponibilidad de agua para los cultivos.
 (2) Conductividad eléctrica del agua: regadío (1 milimhos/cm = 1000 micromhos/cm).
 (3) Sólidos disueltos totales.
 (4) Afecta a la tasa de infiltración del agua en el suelo.
 (5) Afecta a la sensibilidad de los cultivos.
 (6) RAS, relación de absorción de sodio ajustada.



- (7) Afecta a los cultivos susceptibles.

**4.1.5 Criterios de calidad para aguas de uso pecuario**

Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias que establezcan los organismos competentes.

Las aguas destinadas a uso pecuario deberán cumplir con los siguientes criterios de calidad (ver tabla 8):

TABLA 8. Criterios de calidad para aguas de uso pecuario

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico (total)	As	mg/l	0,2
Bario	Ba	mg/l	1,0
Boro (total)	B	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,05
Carbamatos (totales)	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,1
Cianuro (total)	CN ⁻	mg/l	0,2
Cinc	Zn	mg/l	25,0
Cobre	Cu	mg/l	0,5
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	1,0
Hierro	Fe	mg/l	1,0
Litio	Li	mg/l	5,0
Materia flotante	visible		Ausencia
Manganeso	Mn	mg/l	0,5
Molibdeno	Mo	mg/l	0,005
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Nitratos + nitritos	N	mg/l	10,0
Nitritos	N-nitrito	mg/l	1,0
Níquel	Ni	mg/l	0,5
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	3,0
Organofosforados (totales)	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Potencial de	pH		6-9



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
hidrógeno			
Plata	Ag	mg/l	0,05
Plomo	Pb	mg/l	0,05
Selenio	Se	mg/l	0,01
Sólidos disueltos totales		mg/l	3 000
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi.			mínimo 2,0 m
Vanadio	V	mg/l	10,0
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		Menor a 1 000
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		Promedio mensual menor a 5 000

4.1.6 Criterios de calidad para aguas con fines recreativos

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales y
- Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto primario se presentan a continuación (ver tabla 9):

TABLA 9. Criterios de calidad para aguas destinadas para fines recreativos

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Coliformes fecales	nmp por cada 100 ml		200
Coliformes totales	nmp por cada 100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Materia flotante	visible		de saturación y no menor a 6 mg/l
Potencial de hidrógeno	pH		Ausencia
Metales y otras sustancias tóxicas		mg/l	6,5 – 8,5
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	cero
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,1 (para cada compuesto detectado)
Residuos de petróleo	visibles		0,2 (para cada compuesto detectado)
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	Ausencia
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,5
Transparencia de las aguas medidas con el disco secchi			0,3
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			Mínimo 2,0 m.
			15:1

Los criterios de calidad para aguas destinadas a fines recreativos mediante contacto secundario se presentan en la tabla 10.

TABLA 10. Criterios de calidad de aguas para fines recreativos mediante contacto secundario

* Sustancias Tóxicas, aquellas establecidas en el Listado de Desechos Peligrosos y Normas Técnicas aprobadas por la Autoridad Competente en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación para Desechos Peligrosos.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Valor máximo permisible
Coliformes totales	nmp/100 ml		4 000
Coliformes fecales	nmp/100 ml		1 000
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,002
Oxígeno disuelto	O.D.	mg/l	No menor al 80% de Concentración de saturación
Potencial de hidrógeno	pH		6,5 – 8,5
Metales y otras *sustancias tóxicas		mg/l	Cero
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,2
Residuos de petróleo			Ausencia
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno.	mg/l	0,5
Grasas y aceites	Sustancias solubles en hexano visible	mg/l	0,3
Sólidos flotantes			Ausencia
Relación hidrógeno, fósforo orgánico			15:1

4.1.7 Criterios de calidad para aguas de uso estético

El uso estético del agua se refiere al mejoramiento y creación de la belleza escénica.

* Sustancias Tóxicas, aquellas establecidas en el Listado de Desechos Peligrosos y Normas Técnicas aprobadas por la Autoridad Competente en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación por Desechos Peligrosos.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Las aguas que sean usadas para uso estético, tendrán que cumplir con los siguientes criterios de calidad:

- a) Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana.
- b) Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- c) Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad no mayor a 20 UTN.
- d) El oxígeno disuelto será no menor al 60% del oxígeno de saturación y no menor a 6 mg/l.

4.1.8 Criterios de calidad de las aguas para transporte

Se entiende el uso del agua para transporte, su empleo para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales inocuos por contacto directo.

El único parámetro a regular será el Oxígeno disuelto, que deberá ser mayor a 3 mg/l.

4.1.9 Criterios de calidad para aguas de uso industrial

Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- a) Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación, así como aquellos conexos o complementarios;
- b) Generación de energía y
- c) Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

4.2 Criterios generales para la descarga de efluentes

4.2.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua

4.2.1.1 El regulado deberá mantener un registro de los efluentes generados, indicando el caudal del efluente, frecuencia de descarga, tratamiento aplicado a los efluentes, análisis de laboratorio y la disposición de los mismos, identificando el cuerpo receptor.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Es mandatorio que el caudal reportado de los efluentes generados sea respaldado con datos de producción.

4.2.1.2 En las tablas # 11, 12 y 13 de la presente norma, se establecen los parámetros de descarga hacia el sistema de alcantarillado y cuerpos de agua (dulce y marina), los valores de los límites máximos permisibles, corresponden a promedios diarios. La Entidad Ambiental de Control deberá establecer la normativa complementaria en la cual se establezca: La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

4.2.1.3 Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

4.2.1.4 Las municipalidades de acuerdo a sus estándares de Calidad Ambiental deberán definir independientemente sus normas, mediante ordenanzas, considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. En sujeción a lo establecido en el Reglamento para la Prevención y Control de la Contaminación.

4.2.1.5 Se prohíbe toda descarga de residuos líquidos a las vías públicas, canales de riego y drenaje o sistemas de recolección de aguas lluvias y aguas subterráneas. La Entidad Ambiental de Control, de manera provisional mientras no exista sistema de alcantarillado certificado por el proveedor del servicio de alcantarillado sanitario y tratamiento e informe favorable de ésta entidad para esa descarga, podrá permitir la descarga de aguas residuales a sistemas de recolección de aguas lluvias, por excepción, siempre que estas cumplan con las normas de descarga a cuerpos de agua.

4.2.1.6 Las aguas residuales que no cumplan previamente a su descarga, con los parámetros establecidos de descarga en esta Norma, deberán ser tratadas mediante tratamiento convencional, sea cual fuere su origen: público o privado. Por lo tanto, los sistemas de tratamiento deben ser modulares para evitar la falta absoluta de tratamiento de las aguas residuales en caso de paralización de una de las unidades, por falla o mantenimiento.

4.2.1.7 Para el caso de los pesticidas, si el efluente después del tratamiento convencional y previa descarga a un cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, no cumple con los parámetros de descarga establecidos en la presente normativa (Tablas 11, 12 y 13), deberá aplicarse un tratamiento avanzado.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.1.8 Los laboratorios que realicen los análisis de determinación del grado de contaminación de los efluentes o cuerpos receptores deberán haber implantado buenas prácticas de laboratorio, seguir métodos normalizados de análisis y estar certificados por alguna norma internacional de laboratorios, hasta tanto el organismo de acreditación ecuatoriano establezca el sistema de acreditación nacional que los laboratorios deberán cumplir. .

4.2.1.9 Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

4.2.1.10 Se prohíbe descargar sustancias o desechos peligrosos (líquidos-sólidos-semisólidos) fuera de los estándares permitidos, hacia el cuerpo receptor, sistema de alcantarillado y sistema de aguas lluvias.

4.2.1.11 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, o hacia un cuerpo de agua, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

4.2.1.12 Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

4.2.1.13 Las aguas provenientes de la explotación petrolífera y de gas natural, podrán ser reinyectadas de acuerdo a lo establecido en las leyes, reglamentos y normas específicas, que se encuentren en vigencia, para el sector hidrocarburífero.

4.2.1.14 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control. La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.1.15 Los lixiviados generados en los rellenos sanitarios cumplirán con los rangos y límites establecidos en las normas de descargas a un cuerpo de agua.

4.2.1.16 De acuerdo con su caracterización toda descarga puntual al sistema de alcantarillado y toda descarga puntual o no puntual a un cuerpo receptor, deberá cumplir con las disposiciones de esta Norma. La Entidad Ambiental de Control dictará la guía técnica de los parámetros mínimos de descarga a analizarse o monitorearse, que deberá cumplir todo regulado. La expedición de la guía técnica deberá darse en un plazo máximo de un mes después de la publicación de la presente norma. Hasta la expedición de la guía técnica es responsabilidad de la Entidad Ambiental de Control determinar los parámetros de las descargas que debe monitorear el regulado.

4.2.1.17 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos no tratados, provenientes de embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre, hacia los sistemas de alcantarillado, o cuerpos receptores. Se observarán las disposiciones vigentes en el Código de Policía Marítima y los convenios internacionales establecidos, sin embargo, una vez que los residuos sean evacuados a tierra, la Entidad Ambiental de Control podrá ser el Municipio o Consejo Provincial, si tiene transferida competencias ambientales que incluyan la prevención y control de la contaminación, caso contrario seguirá siendo la Dirección General de la Marina Mercante.

La Dirección General de la Marina Mercante (DIGMER) fijará las normas de descarga para el caso contemplado en este artículo, guardando siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva con respecto a la presente Norma. DIGMER será la Entidad Ambiental de Control para embarcaciones, buques, naves u otros medios de transporte marítimo, fluvial o lacustre.

4.2.1.18 Los regulados que amplíen o modifiquen su producción, actualizarán la información entregada a la Entidad de Control de manera inmediata, y serán considerados como regulados nuevos con respecto al control de las descargas que correspondan al grado de ampliación y deberán obtener las autorizaciones administrativas correspondientes.

4.2.1.19 La Entidad Ambiental de Control establecerá los parámetros a ser regulados para cada tipo de actividad económica, especificando La frecuencia de monitoreo, el tipo de muestra (simple o compuesta), el número de muestras a tomar y la interpretación estadística de los resultados que permitan determinar si el regulado cumple o no con los límites permisibles fijados en la presente normativa para descargas a sistemas de alcantarillado y cuerpos de agua.

4.2.1.20 Cuando los regulados, aún cumpliendo con las normas de descarga, produzcan concentraciones en el cuerpo receptor o al sistema de alcantarillado, que



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

excedan los criterios de calidad para el uso o los usos asignados al agua, la Entidad Ambiental de Control podrá exigirles valores más restrictivos en la descarga, previo a los estudios técnicos realizados por la Entidad Ambiental de Control, justificando esta decisión.

4.2.1.21 Los sedimentos, lodos y sustancias sólidas provenientes de sistemas de potabilización de agua y de tratamiento de desechos y otras tales como residuos del área de la construcción, cenizas, cachaza, bagazo, o cualquier tipo de desecho doméstico o industrial, no deberán disponerse en aguas superficiales, subterráneas, marinas, de estuario, sistemas de alcantarillado y cauces de agua estacionales secos o no, y para su disposición deberá cumplirse con las normas legales referentes a los desechos sólidos no peligrosos.

4.2.2 Normas de descarga de efluentes al sistema de alcantarillado público

4.2.2.1 Se prohíbe descargar en un sistema público de alcantarillado, cualquier sustancia que pudiera bloquear los colectores o sus accesorios, formar vapores o gases tóxicos, explosivos o de mal olor, o que pudiera deteriorar los materiales de construcción en forma significativa. Esto incluye las siguientes sustancias y materiales, entre otros:

- a) Fragmentos de piedra, cenizas, vidrios, arenas, basuras, fibras, fragmentos de cuero, textiles, etc. (los sólidos no deben ser descargados ni aún después de haber sido triturados).
- b) Resinas sintéticas, plásticos, cemento, hidróxido de calcio.
- c) Residuos de malta, levadura, látex, bitumen, alquitrán y sus emulsiones de aceite, residuos líquidos que tienden a endurecerse.
- d) Gasolina, petróleo, aceites vegetales y animales, hidrocarburos clorados, ácidos, y álcalis.
- e) Fosgeno, cianuro, ácido hidrazoico y sus sales, carburos que forman acetileno, sustancias comprobadamente tóxicas.

4.2.2.2 El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad podrá solicitar a la Entidad Ambiental de Control, la autorización necesaria para que los regulados, de manera parcial o total descarguen al sistema de alcantarillado efluentes, cuya calidad se encuentre por encima de los estándares para descarga a un sistema de alcantarillado, establecidos en la presente norma.

El proveedor del servicio de tratamiento de la ciudad deberá cumplir con los parámetros de descarga hacia un cuerpo de agua, establecidos en esta Norma.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.2.3 Toda descarga al sistema de alcantarillado deberá cumplir, al menos, con los valores establecidos a continuación (ver tabla 11):

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1

Continua...

Continuación...

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
			caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0

Continua...

Continuación...

TABLA 11. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

4.2.2.4 Toda área de desarrollo urbanístico, turístico o industrial que no contribuya al sistema de alcantarillado público, deberá contar con instalaciones de recolección y



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

tratamiento convencional de residuos líquidos. El efluente tratado descargará a un cuerpo receptor o cuerpo de agua, debiendo cumplir con los límites de descarga a un cuerpo de agua dulce, marina y de estuarios.

4.2.2.5 Se prohíbe la descarga de residuos líquidos sin tratar hacia el sistema de alcantarillado, provenientes del lavado y/o mantenimiento de vehículos aéreos y terrestres, así como el de aplicadores manuales y aéreos, recipientes, empaques y envases que contengan o hayan contenido agroquímicos u otras sustancias tóxicas.

4.2.2.6 Se prohíbe la descarga hacia el sistema de alcantarillado de residuos líquidos no tratados, que contengan restos de aceite lubricante, grasas, etc, provenientes de los talleres mecánicos, vulcanizadoras, restaurantes y hoteles.

4.2.2.7 Los responsables (propietario y operador) de todo sistema de alcantarillado deberán dar cumplimiento a las normas de descarga contenidas en esta Norma. Si el propietario (parcial o total) o el operador del sistema de alcantarillado es un municipio, éste no podrá ser sin excepción, la Entidad Ambiental de Control para sus instalaciones. Se evitará el conflicto de interés.

4.2.3 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina

4.2.3.1 Los puertos deberán contar con un sistema de recolección y manejo para los residuos sólidos y líquidos provenientes de embarcaciones, buques, naves y otros medios de transporte, aprobados por la Dirección General de la Marina Mercante y la Entidad Ambiental de Control. Dichos sistemas deberán ajustarse a lo establecido en la presente Norma, sin embargo los municipios podrán establecer regulaciones más restrictivas de existir las justificaciones técnicas.

4.2.3.2 Se prohíbe todo tipo de descarga en:

- a) Las cabeceras de las fuentes de agua.
- b) Aguas arriba de la captación para agua potable de empresas o juntas administradoras, en la extensión que determinará el CNRH, Consejo Provincial o Municipio Local y,
- c) Todos aquellos cuerpos de agua que el Municipio Local, Ministerio del Ambiente, CNRH o Consejo Provincial declaren total o parcialmente protegidos.

4.2.3.3 Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

4.2.3.4 Las normas locales para descargas serán fijadas considerando los criterios de calidad establecidos para el uso o los usos asignados a las aguas. Las normas guardarán siempre concordancia con la norma técnica nacional vigente, pudiendo ser únicamente igual o más restrictiva y deberán contar con los estudios técnicos y económicos que lo justifiquen.

En los tramos del cuerpo de agua en donde se asignen usos múltiples, las normas para descargas se establecerán considerando los valores más restrictivos de cada uno de los parámetros fijados para cada uno.

4.2.3.5 Para el caso de industrias que capten y descarguen en el mismo cuerpo receptor, la descarga se hará aguas arriba de la captación.

4.2.3.6 Para efectos del control de la contaminación del agua por la aplicación de agroquímicos, se establece lo siguiente:

- a) Se prohíbe la aplicación manual de agroquímicos dentro de una franja de cincuenta (50) metros, y la aplicación aérea de los mismos, dentro de una franja de cien (100) metros, medidas en ambos casos desde las orillas de todo cuerpo de agua,
- b) La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá el informe y autorización previa del Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- c) Además de las disposiciones contenidas en la presente Norma, se deberá cumplir las demás de carácter legal y reglamentario sobre el tema, así como los listados referenciales de la Organización para la Agricultura y Alimentos de Naciones Unidas (FAO).

4.2.3.7 Toda descarga a un cuerpo de **agua dulce**, deberá cumplir con los valores establecidos a continuación (ver tabla 12).

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas.	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		^b Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10

^a Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20,0
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0

Continua...

Continuación...

TABLA 12. Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales.	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Sulfatos	SO ₄ ²⁻	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

4.2.3.8 Toda descarga a un cuerpo de agua marina, deberá cumplir, por lo menos con los siguientes parámetros (ver tabla 13).

TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas		mg/l	0,3
Arsénico total	As	mg/l	0,5
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,2
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible
Coliformes Fecales	nmp/100 ml		⁹ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅ .	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	250
Fósforo Total	P	mg/l	10
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo.	TPH	mg/l	20,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total kjedahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		6-9
Selenio	Se	mg/l	0,2
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Organoclorados totales	Concentración de organoclorados totales	mg/l	0,05

* Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000 quedan exentos de tratamiento



Continua...

Continuación...

TABLA 13. Límites de descarga a un cuerpo de agua marina

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales	mg/l	0,1
Carbamatos totales	Concentración de carbamatos totales	mg/l	0,25
Temperatura	°C		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Zinc	Zn	mg/l	10

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida.

4.2.3.9 Se prohíbe la descarga de efluentes hacia cuerpos de agua severamente contaminados, es decir aquellos cuerpos de agua que presentan una capacidad de dilución o capacidad de carga nula o cercana a cero. La Entidad Ambiental de Control decidirá la aplicación de uno de los siguientes criterios:

- Se descarga en otro cuerpo de agua
- Se exigirá tratamiento hasta que la carga contaminante sea menor o igual a 1,5 del factor de contaminación de la tabla 14 (Factores Indicativos de Contaminación)

4.2.3.10 Ante la inaplicabilidad para un caso específico de algún parámetro establecido en la presente norma o ante la ausencia de un parámetro relevante para la descarga bajo estudio, la Entidad Ambiental de Control tomará el siguiente criterio de evaluación. El regulado deberá establecer la línea de fondo o de referencia del parámetro de interés en el cuerpo receptor. El regulado determinará la concentración presente o actual del parámetro bajo estudio en el área afectada por sus descargas. Así, se procede a comparar los resultados obtenidos para la concentración presente contra los valores de



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

fondo o de referencia. Se considera en general que una concentración presente mayor tres veces que el valor de fondo para el agua es una contaminación que requiere atención inmediata por parte de la Entidad Ambiental de Control. (ver tabla 14).

Si la concentración presente es menor a tres veces que el valor de fondo, la Entidad Ambiental de Control dará atención mediata a esta situación y deberá obligar al regulado a que la concentración presente sea menor o igual a 1,5 que el valor de fondo.

TABLA 14. Factores indicativos de contaminación

Factor de contaminación (Concentración presente/ valor de fondo)	Grado de perturbación.	Denominación
< 1,5	0	Cero o perturbación insignificante
1,5 – 3,0	1	Perturbación evidente.
3,0 – 10,0	2	Perturbación severa.
> 10,0	3	Perturbación muy severa.

Los valores de fondo de mayor confiabilidad serán aquellos derivados de muestras a tomarse en aquellas partes inmediatas fuera del área bajo estudio, que se considere como no afectada por contaminación local. En el caso de ausencia total de valores de fondo de las áreas inmediatas fuera del área bajo estudio, se podrá obtener estos valores de estudios de áreas regionales o nacionales aplicables.

Para determinar el valor de fondo o de referencia, al menos 5 muestras deben ser tomadas, si se toman entre 5 a 20 muestras, el valor más alto o el segundo más alto deben ser seleccionados como valor de fondo. Si se toman más de 20 muestras, se podrán utilizar los valores medidos que correspondan con el 90vo. o 95vo. Percentil.



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

Los valores de fondo empleados no podrán ser menores a los presentados en esta Norma, de acuerdo a los parámetros de calidad y usos establecidos.

La Entidad Ambiental de Control determinará el método para el muestreo del cuerpo receptor en el área de afectación de la descarga, esto incluye el tiempo y el espacio para la realización de la toma de muestras.

4.2.3.11 Los municipios serán las autoridades encargadas de realizar los monitoreos a la calidad de los cuerpos de agua ubicados en su jurisdicción, llevando los registros correspondientes, que permitan establecer una línea base y de fondo que permita ajustar los límites establecidos en esta Norma en la medida requerida.

4.2.3.12 Se prohíbe verter desechos sólidos, tales como: basuras, animales muertos, mobiliario, entre otros, y líquidos contaminados hacia cualquier cuerpo de agua y cauce de aguas estacionales secas o no.

4.2.3.13 Se prohíbe el lavado de vehículos en los cuerpos de agua, así como dentro de una franja de treinta (30) metros medidos desde las orillas de todo cuerpo de agua, de vehículos de transporte terrestre y aeronaves de fumigación, así como el de aplicadores manuales y aéreos de agroquímicos y otras sustancias tóxicas y sus envases, recipientes o empaques.

Se prohíbe la descarga de los efluentes que se generen como resultado de los procesos indicados en este numeral, cuando no exista tratamiento convencional previo.




5 METODOS DE PRUEBA




Para determinar los valores y concentraciones de los parámetros determinados en esta Norma Oficial Ecuatoriana, se deberán aplicar los métodos establecidos en el manual "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", en su más reciente edición. Además deberán considerarse las siguientes Normas del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN):

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, manejo y conservación de muestras.




Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:98. Agua: Calidad del agua, muestreo, técnicas de muestreo.





Allegato 2: Codici dei siti di monitoraggio





codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HB001	PARQUE AMBIENTAL Fabricio Valverde - Sistema de Gestion Integral de Residuos	797735,00	9920844,00	123,00	05-09-12	10:10	basura da la ciudad	Guayaquill	El vidrio se vende a los artesanos para hacer bloques para las calles Papel, plastico y material en hierro es enviado a Guayaquill donde se viende. Con el plástico se hacen mesas y asientos.	<p>en funcionamiento desde el año 2006 con una pequeña planta piloto hasta 2008, luego se trasladó a la gestión en el Ayuntamiento de la ciudad llegan 4-5 camiones al día para un total de 45 toneladas / mes</p> <p>todo el material reciclable se divide manualmente, que no es reciclable se envia entonces a 27 kilometros</p> <p>el vidrio se divide según el color (blanco, verde, café), desmenuzado y separada de la copa más grande. Las etiquetas se separa del vidrio antes de que el proceso de trituración.</p> <p>papel: compactado</p> <p>plastico: compactado porque el desfribador es roto</p> <p>residuos peligrosos el incinerador esta roto desde un año, por lo que ahora todo está en el km 27. el incinerador tendría 3 + 2 filtros en la pila</p> <p>hierro, refrigeradores y los materiales voluminosos otro se compacta hierro</p>	
HB002	PARQUE AMBIENTAL Fabricio Valverde - Sistema de Gestion Integral de Residuos (area organico)	797771,00	9920741,00	121,00	05-09-12	10:00	residuos organicos da la ciudad	ciudad	las bolsas vendidas directamente cubierto por el municipio a los ciudadanos. 1 bolsa = \$ 5	<p>compost en esta zona se encuentra una membrana de un metro de profundidad, de tal manera que no coladores de liquidos, está ruinada, se tendria que cambiar</p> <p>la orgánica llega, se separa manualmente desde las bolsas y almacenados para 3 meses en un cilindro grande que va al interior y cada 2 semanas se lo voltea. los últimos tres meses se almacena al aire libre con los residuos "camal municipal" y luego se muele y empaqueta en bolsas de 40 kg</p> <p>75 ton/mes de organico</p>	
HD001	LACTEOS LA NORUEGA (pozo séptico)	798166,00	9923228,67	210,00	30-08-12	09:43	agua de Pozo Profundo			<p>Cogen al leche en diferentes fincas, se produce leche, yogurt, queso y mozzarella</p>	




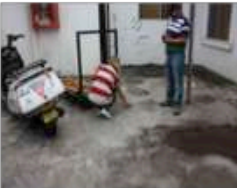
codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HD002	LACTEOS EL PORVENIR (pozo septico)	793726,00	9923732,33	236,33	30-08-12	10:50				descarga solo agua utilizada para limpiar	
HG001	POZO PROFUNDO	797656,67	9922142,00	162,50	28-08-12	11:19	Conectado con el mar			160 metros de profundidad extrae 6 litros/sec salinidad: mas o menos 0,3 mg/l	
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fuente)	789104,00	9929058,00	502,00	24-8-2012	11:30				fuente natural por encima del primer tanque	





codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HG003	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (antenas)	789111,00	9929261,67	635,67	04-09-12	15:02	filtracion de lluvia	fuelle de captacion del cerro la vertiente Santa Rosa		la lluvia es filtrada a través de los helechos y la infiltración alcanza la fuente de captación 100 metros por debajo	
HG004	MEDIA LUNA										
HG005	POZA SR. CHIESS										



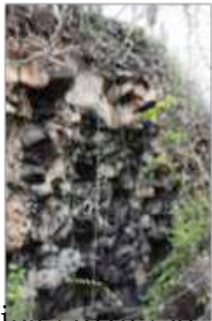
codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HP001	PLANTA AGUA MICONIA	793554,67	9924456,33	276,00	29-08-12	15:08		fuelle a 2 km de la planta superior, conectado con Tubería y hay 2 tanque en el medio		fuente natural en sus tierras (familia Errera) distribución tanto en botella que en tanque planta tienen filtro de arena, filtro de carbón activo, UV y ozono no desalinizzano el agua porque es agua dulce utilizan el 3% de la eficiencia de la máquina 2500 litros de capacidad filtros se cambian cada año (en septiembre) cada 3 meses, tienen análisis químico y microbiológico, hecha por el Ministerio de Salud el implante y la Tubería que trae el agua desde la fuente hasta la planta son de 2011	
HR001	RIO CERCA DEL VIVERO DE PNG (punto álgido)	786287,33	9929994,33	395,50	24-8-2012	10:40				rio a 100-200 metros de el vivero	
HR002	RIO CERCA DEL VIVERO DE PNG (punto medio)	786278,00	9929988,33	394,50	24-8-2012	10:45				rio a 100-200 metros de el vivero	




codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HR003	RIO CERCA DEL VIVERO DE PNG (punto bajo)	786267,67	9929997,00	392,50	24-8-2012	10:50				rio a 100-200 metros de el vivero	
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	803343,33	9925727,00	266,50	29-08-12	15:38				baño construido en 2005 tiene una capacidad de 600 m3, es abierto y tiene geomembrana, agua inmóvil, no hay oxigenación y el agua no es tratada el fertilizante para las plantas y el agua del bano se mezclan por separado en un tanque de 200 litros El agua se bombea desde el tanque a los invernaderos 5 invernaderos tienen cada 2200 plantas: 1 litro por planta por día (11000 litri de agua al día!)	
HT002	EN EL VIVERO de PNG	786191,67	9929911,67	399,00	24-8-2012	11:00					
HT003	TANQUE DE BELLAVISTA 1	798207,67	9923316,67	224,50	28-08-12	11:39		agua de Pozo Profundo		capacità: 400 m3 costruito ed in funzione dal 1996 a 1,3 km dal Pozo Profundo 115 metri di distanza tra Tanque de Bellavista 1 e Tanque de Bellavista 2	



codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	798131,00	9923229,67	214,00	28-08-12	11:46		agua del Pozo Profundo		Uno de los primeros tanque de Santa Cruz. Construido y en funcionamiento desde 1980. Situado en frente del Lacteos la noruega Capacidad: 100 m3 115 metros entre el Tanque de Bellavista 1 y el Tanque de Bellavista 2	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	797669,33	9922151,33	166,00	28-08-12	11:25		agua del Pozo Profundo		Coordinadas cogidas exactamente sobre el tanque capacidad: 300 m3 en servicio desde el 2002	
HT006	TANQUE SANTA ROSA 1	789089,00	9929030,33	497,50	24-8-2012	11:24		agua de Cerro la Vertiente Santa Rosa		Santa Rosa zona a 440 metros sobre el nivel del mar Tanque de recolecciones Esta lleno de sedimentos Falta Todo el sistema de Extracción de arena, hau un medidor de agua pero no si controla Análisis microbiológico + sedimento?	
HT007	TANQUE SANTA ROSA 2	788810,50	9928191,50	459,50	24-8-2012	11:58		agua de Cerro la Vertiente Santa Rosa		Tanque de reserva el tubo se ha rompido Ante limpiaban los señores de la finca	





codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozo séptico 1)	798112,33	9918077,67	47,00	29-08-12	10:43				pozo abierto porque estan trabajando	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozo séptico2)	798135,00	9918053,00	40,00	29-08-12	10:46					
SD003	GASOLINERA (pozo séptico)	798136,00	9917946,50	24,00	29-08-12	11:16				Pozo septico que descarga las aguas residuales en la planta de tratamiento de agua negra y gris: funciona muy bien, se detiene toda la materia orgánica con un filtro, se trata con cloro, el agua se deposita sobre la arena, y luego el agua se centrifuga (utilizado más adelante para la reproducción de plantas endémicas) certificada ISO 14001	
SD004	HOSPITAL (pozo séptico)	799000,67	9917321,67	9,50	29-08-12	09:51				Se limpia y se vacia una vez a la semana	





codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SD005	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (aguas grises)	799288,00	9918518,50	27,00	29-08-12	11:36				descarga sin filtro! Descarga directamente en grieta!	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (aguas grises)	798758,50	9918617,50	60,00	29-08-12	12:05				Pozo séptico donde descargan toda el agua de las lavadoras; tiene un tanque que se llena cada día de 2/3 m3 propietarios dicen que usan cloro liquido detergente biodegradable ...	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	798913,33	9918922,00	23,00	28-08-12	10:15				2 sitios de toma de agua 2 tuberías: uno carga el otro descarga en el mismo sitio!! No es propiedad privada	
SG002	GRIETA EL BARRANCO 2	798931,00	9918910,00	24,00	28-08-12	10:20				2 sitios de toma de agua 2 tuberías: uno carga el otro descarga en el mismo sitio!! Es propiedad privada	


codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	799025,00	9918221,33	24,00	28-08-12	10:00	tanque de barrio Matasarno			carga y descarga de agua!!! Agua muy contaminada	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO										
SG009	GRIETA LAS NINFAS	798423,00	9917528,67	15,00	28-08-12	10:31	saccan agua da Tessalia + Agualux + punta Estrada			solo carga Grieta en frente del Centro de Educacion Ambiental Dista 120 metros de la Grieta de Tortuga Bay	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	798340,33	9917443,67	26,00	28-08-12	10:38				solo carga Grieta abajo de la entrada de la playa agua limpia	

codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SM001	AGUA MAR BAHIA				29-08-12		baia del muelle de los pescadores y embarcadero artesanal			toda la zona del hotel, cerca del muelle de los pescadores descargan en Bahía Academia, pero no saben cómo o dónde	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	798704,33	9917272,00	12,50	29-08-12	10:09					
SM003	AGUA MAR NINFAS 2	798732,67	9917239,00	10,50	29-08-12	10:14				visible para el ojo agua contaminada: aceites / grasas que vienen del mar / puerto	
SM004	AGUA MAR NINFAS 3	798692,33	9917243,00	10,50	29-08-12	10:17					

codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SM005	AGUA MAR NINFAS 4	798623,00	9917301,33	10,50	29-08-12	10:22					
SM006	Bahía Academia Externa										
SM007	Bahía Academia Interna										
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	799179,00	9917732,33	12,50	29-08-12	09:27					

codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
SM009	MUELLE DE PESCADORES (pozo séptico)	799208,00	9917757,00	17,50	29-08-12	09:23				Cerca de los banos del municipio	
SM010	MUELLE ARTESANAL	799281,67	9917603,33	12,00	29-08-12	09:39				no hay pozo.. Coordinar tomada cerca del mar	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	799060,00	9918134,50	27,00	29-08-12	11:50	agua de grieta San Francisco			extraído de grieta de 30 galones / minuto Tanque: 25 toneladas / día de agua, cloración descontaminación de agua ++ filtros y los residuos? Probablemente descargado a la misma grieta	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	797366,00	9918811,67	75,50	28-08-12	15:08	agua de Grieta La Camiseta			tanque hacia adentro con respecto a la carretera Altitud: 73 metros sobre el nivel del mar Capacidad: 600 m3 13 metros de distancia entre los dos tanques	

codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto
ST003	TANQUE CAMISETA 2	797378,67	9918814,33	75,00	28-08-12	15:13	agua de Grieta La Camiseta			cisterna hacia adentro con respecto a la carretera Altitud: 73 metros sobre el nivel del mar Capacidad: 400 m3 13 metros de distancia entre los dos tanques	
ST004	TANQUE FCD 1	800328,67	9918374,67	43,50	28-08-12	15:50	agua de Grieta Estacion Charles Darwin			uno de los dos debe ser llamado: parque de la PNG, pero ¿cuál? Capacidad: 50 m3 distancia de grieta FCD: 84 metros tanque más cerca del mar , a 40 metros sobre el nivel del mar los dos tanque están conectados juntos; 8 metros de distancia entre el tanque dos	
ST005	TANQUE FCD 2	800336,00	9918380,00	42,50	28-08-12	15:55	agua de Grieta Estacion Charles Darwin			uno de los dos debe ser llamado: parque de la PNG, pero ¿cuál? Capacidad: 50 m3 distancia de grieta FCD: 84 metros	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	797280,00	9920728,33	132,50	29-08-12	08:54	agua de Pozo Profundo			tanque de los años 2000 capacidad: 100 m3	

codigo sitio	nombre sitio	X	Y	Altura (m)	fecha	Hora	conexiones entrada	conexiones salida	venta	notas	foto	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	798974,67	9918291,33	28,50	29-08-12	09:08	agua de grieta San Francisco				Distribucion para el "barrio Matasarno"	

Per i siti:

- Media Luna
- Poza Sr. Chiess
- Grieta de los Alemanes
- Grieta Mecanico Gallardo
- Agua Mar Bahia, Externa e Interna

Non è stato possibile rilevare le coordinate geografiche e ulteriori informazioni causa mancanza di autorizzazioni e permessi.

Allegato 3: Struttura delle tabelle del database

Struttura Tabella "Toma_de_Muestras":

Nome Campo Tabella "Toma_de_Muestras"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Sitio	Testo	Siti d'interesse dove sono stati fatti i campionamenti (35 siti diversi).
Fecha	Data/ora	Data del prelievo del campione.
Hora	Data/ora	Ora del prelievo del campione.
Marea	Testo	Alta o Bassa marea al momento del prelievo del campione.
Temperatura	Testo	Temperatura esterna al momento del prelievo del campione; ricostruzione da <i>database zone FCD</i> .
Lluvia	Testo	Precipitazioni al momento del prelievo; mai rilevate, ricostruzione da <i>database zone FCD</i> .
Cogigo_Responsable	Testo	Codice responsabile del campionamento: 12 codici divisi per anno e istituto.

Struttura Tabella "Codigo SITIOS":

Nome Campo Tabella "Codigo SITIOS"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Sitio	Testo	Siti d'interesse per i campionamenti rilevati con GPS nel 2012 (49 siti diversi) e altri 7 siti non rilevati con GPS (56 siti totali).
Nombre_Sitio	Testo	Nome dei siti d'interesse.
X	Numerico	Coordinata geografica X del sito.
Y	Numerico	Coordinata geografica Y del sito.
Z	Numerico	Altitudine del sito.
EPSG	Testo	Sistema di riferimento.
Codigo_Limite_Ley	Testo	Codice del limite di legge di riferimento a seconda del sito campionato (10 limiti di riferimento).

Struttura Tabella "Responsables":

Nome Campo Tabella "Responsables"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Responsable	Testo	Codice del responsabile del campionamento.
Nombre	Testo	Nome e Cognome del responsabile.
Instituto	Testo	Istituto/Ente di appartenenza del responsabile.
Ciudad	Testo	Sede dell'istituto/ente.

Telefono	Numerico	Contatto telefonico lavorativo del responsabile.
E-mail	Testo	Indirizzo e-mail lavorativo del responsabile.

Struttura Tabella "Parametros":

Nome Campo Tabella "Parametros"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Parametro	Testo	Simbolo dei parametri chimici (41) e microbiologici (4).
Nombre_Parametro	Testo	Nome per esteso del parametro.
Codigo_Unidad_de_Misura	Numerico	Simbolo delle unità di misura (7 unità di misura differenti).
Codigo_Limite_Ley	Testo	Codice assegnato al limite di legge.
MIN	Numerico	Valore minimo consentito dal limite di legge.
MAX	Numerico	Valore massimo consentito dal limite di legge.

Struttura Tabella "Muestras":

Nome Campo Tabella "Muestras"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Toma_de_Muestras	Testo	Codici dei campioni dei prelievi storici (925 campioni in totale).
Nombre_Sitio	Testo	Nome dei siti d'interesse del prelievo.
< o >	Testo	Simboli annessi a certi valori rilevati.
Valor	Numerico	Valore del parametro analizzato.
Parametro	Testo	Nome del parametro analizzato.
Codigo_Parametro	Testo	Simbolo dei parametri analizzati.

Struttura Tabella "Unidades_de_Misura":

Nome Campo Tabella "Unidades_de_Misura"	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Unidad_de_Misura	Numerico	Codici numerico assegnato alle unità di misura (7 codici totali).
Nombre_Unidad_de_Misura	Testo	Simbolo dell'unità di misura.

Struttura Tabella "*Limites_de_Ley*":

Nome Campo Tabella " <i>Limites_de_Ley</i> "	Tipo di dato	Descrizione
Codigo_Limite_Ley	Testo	Codici alfanumerico assegnato ai limiti di legge (10 codici totali).
Nombre_Limite_Ley	Testo	Denominazione del limite di legge.

Struttura Tabella "*Instrumentos*":

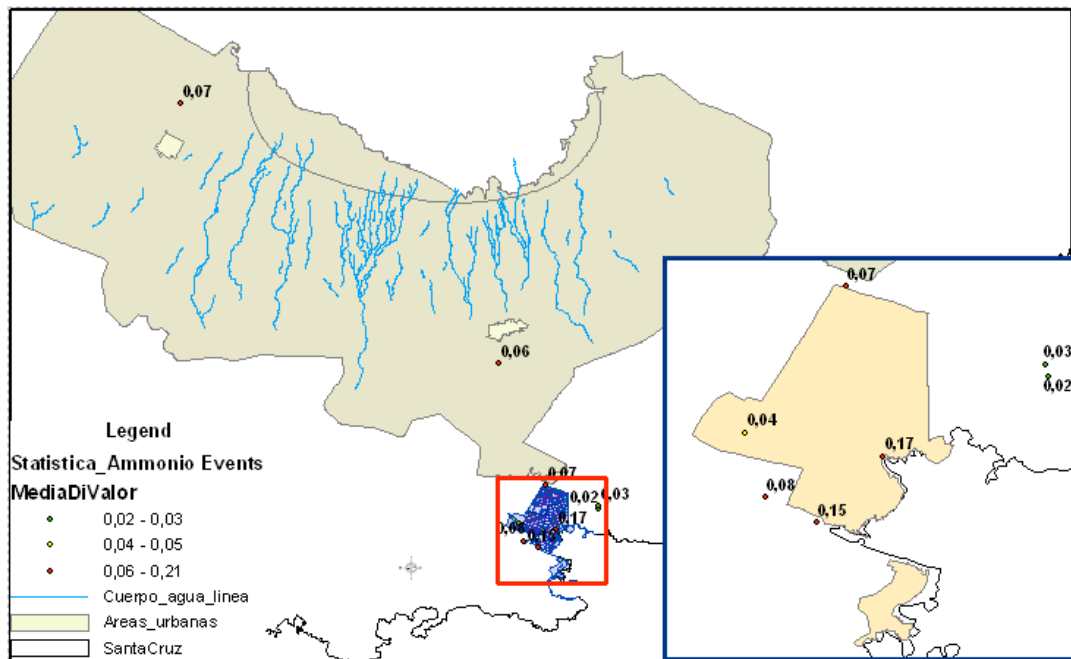
Nome Campo Tabella " <i>Instrumentos</i> "	Tipo di dato	Descrizione
Utilizado por	Testo	Ente responsabile del campionamento e che utilizza lo strumento.
Codigo_Instrumento	Testo	Codice alfanumerico dello strumento.
Codigo_Metodo	Testo	Codice alfanumerico del metodo utilizzato.
Nombre_Instrumento	Testo	Nome per esteso dello strumento utilizzato.
Nombre_Metodo	Testo	Nome per esteso del metodo utilizzato.
Descripcion	Testo	Applicazioni dello strumento.
Rango_Instrumento	Numerico	Intervallo di misura dello strumento.
Error_Instrumento	Numerico	Errore dello strumento.

Allegato 4: Mappe in GIS

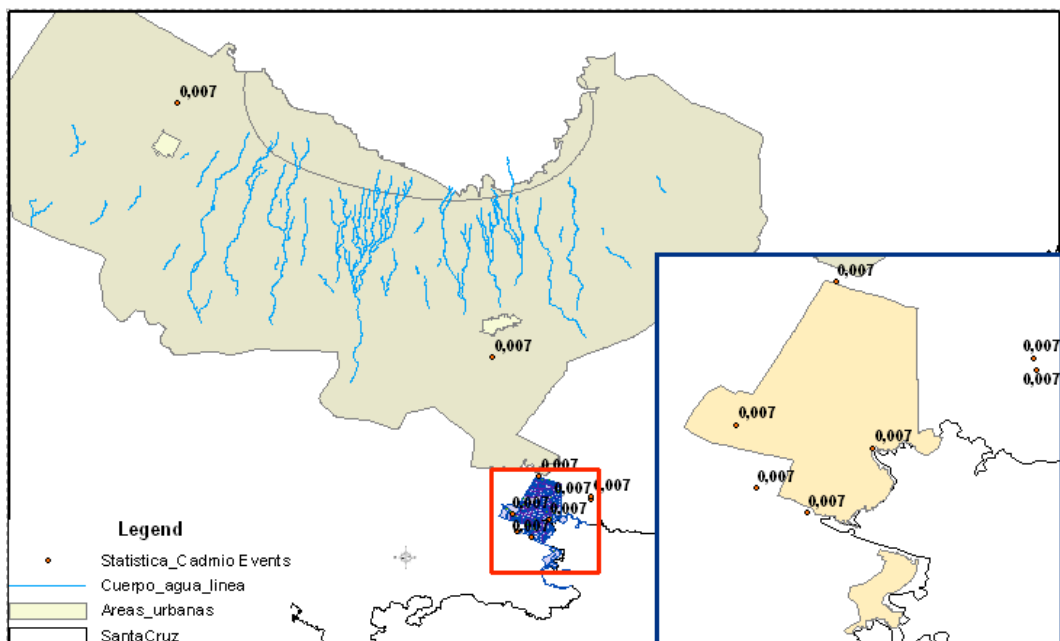
Le mappe elaborate in GIS sono di seguito riportate. Rappresentano la parte meridionale dell'isola come indicato nel capitolo 4 della presente tesi.

Nelle mappe è ben visibile la zona agricola (area color beige) e nel riquadro in blu è mostrato uno zoom sulla cittadina di Puerto Ayora.

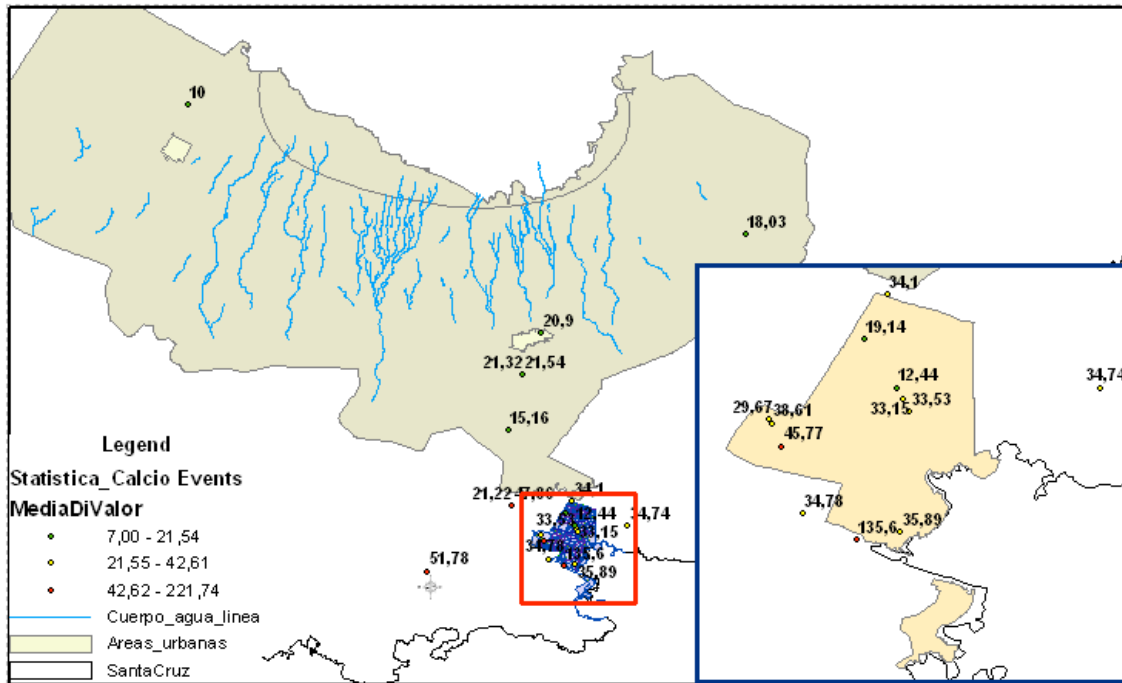
Ammonio (mg/l):



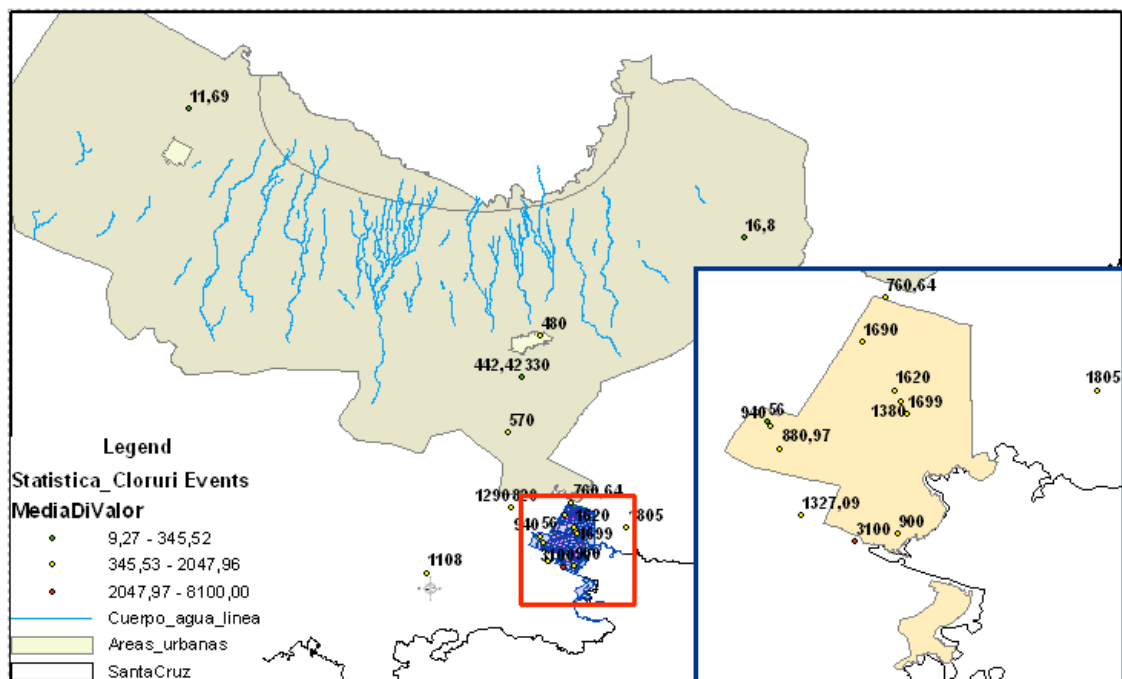
Cadmio (mg/l):



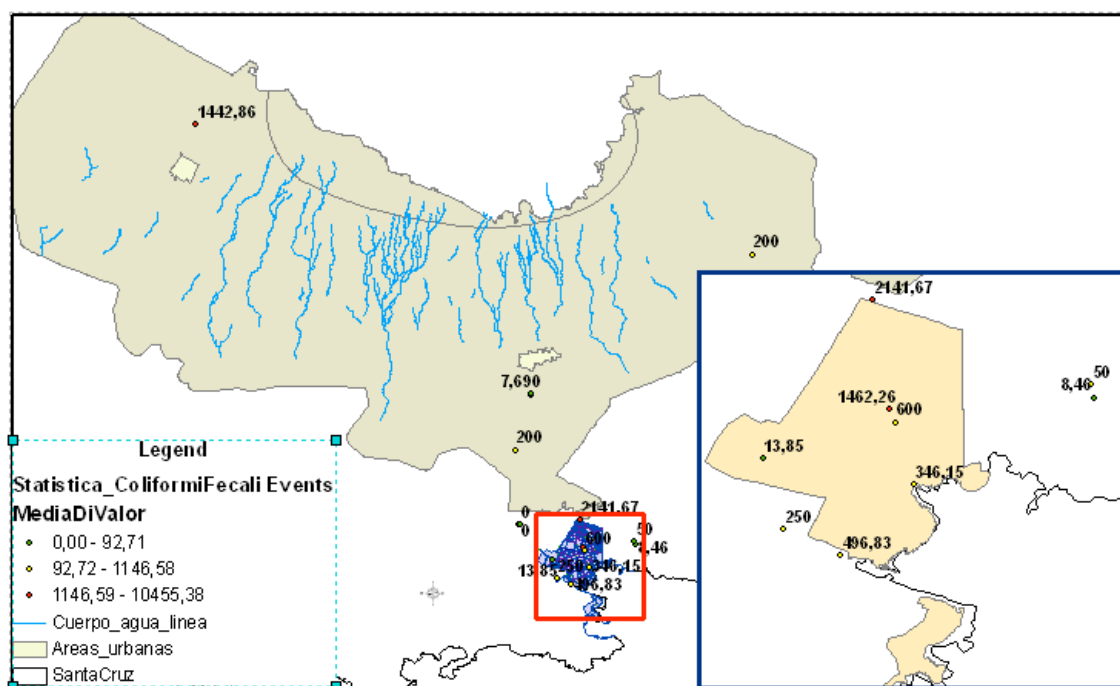
Calcio (mg/l):



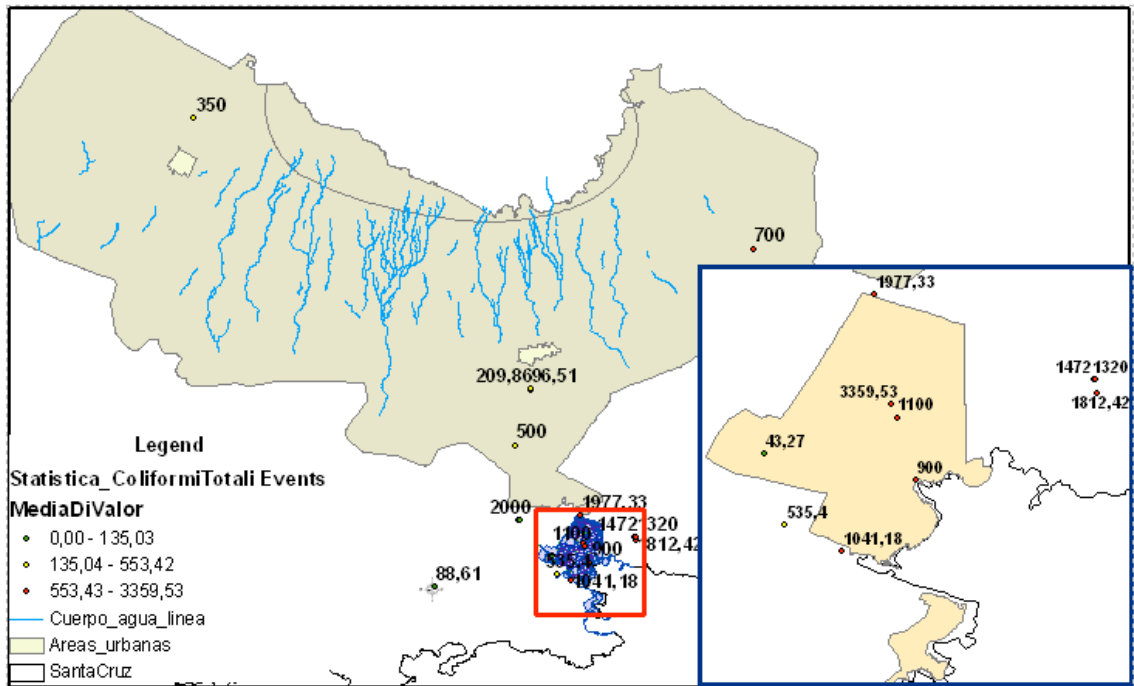
Cloruri (mg/l):



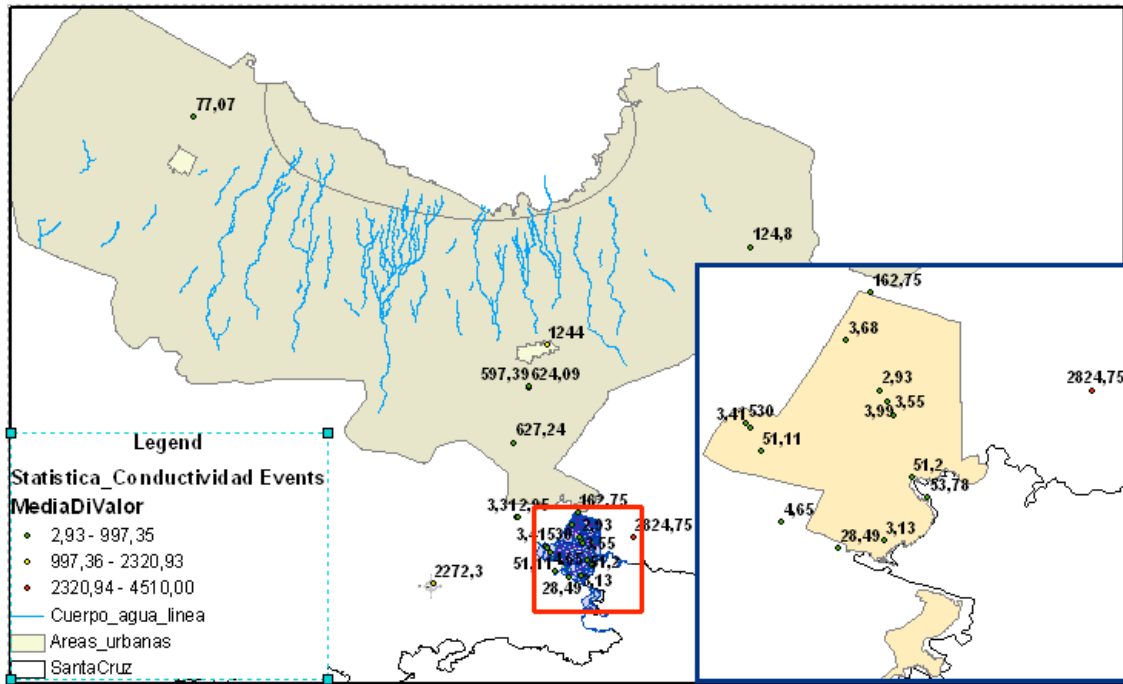
Coliformi fecali (NMP/100ml):



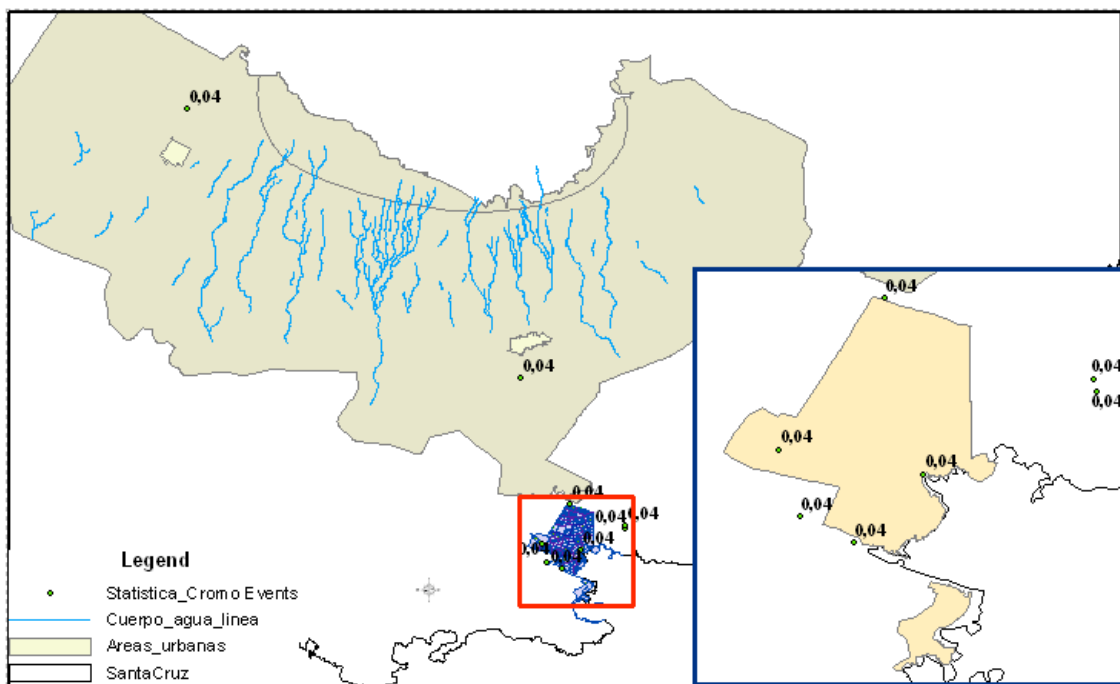
Coliformi totali (NMP/100ml):



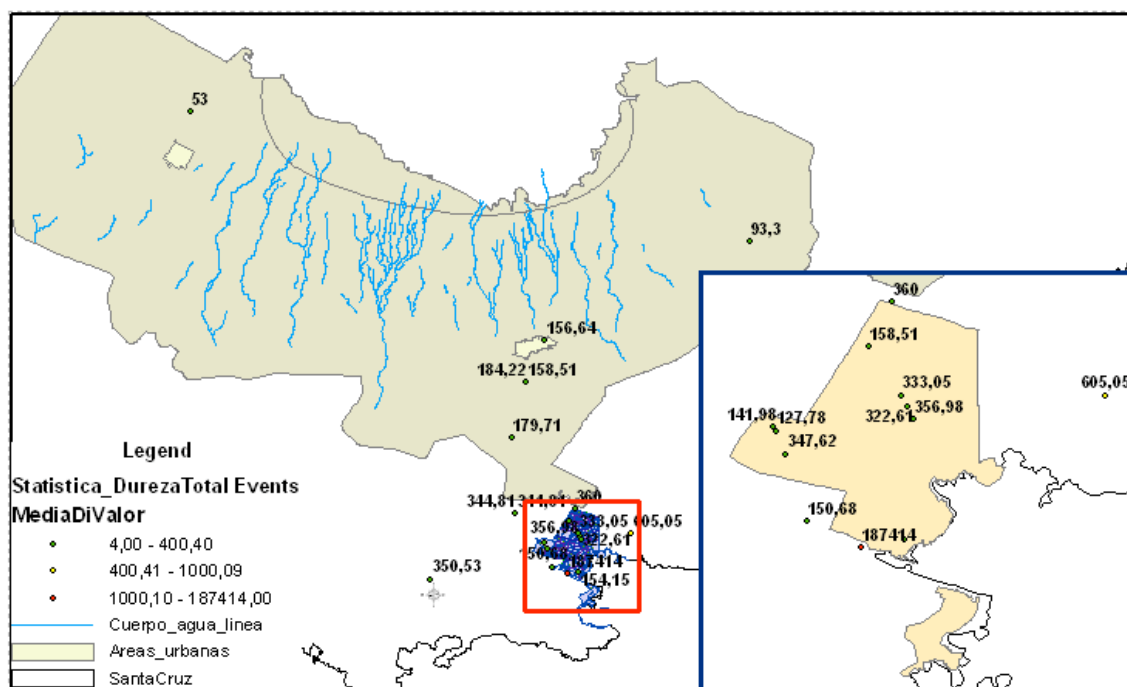
Conducibilità (mS/cm):



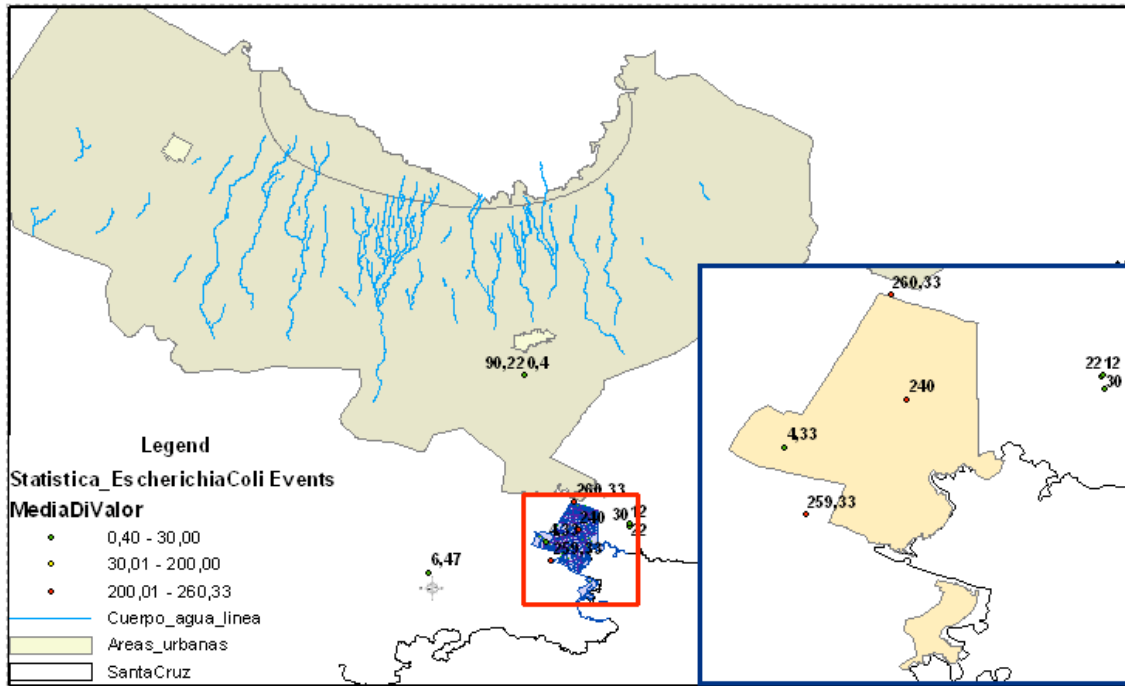
Cromo (mg/l):



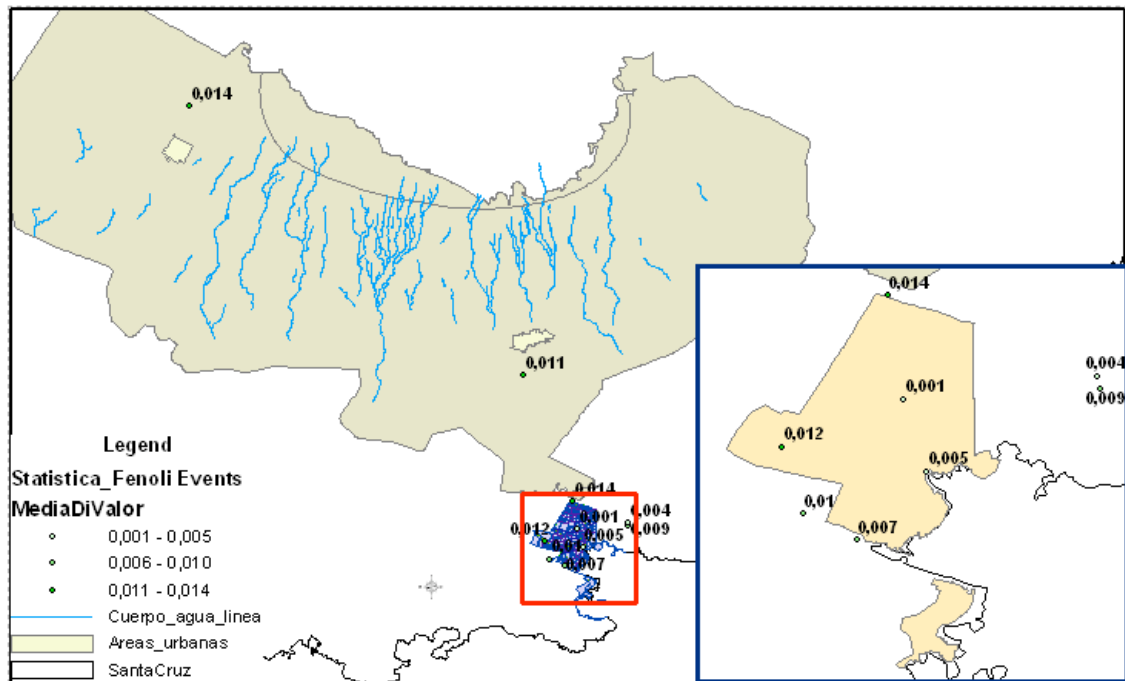
Durezza totale (mg/l):



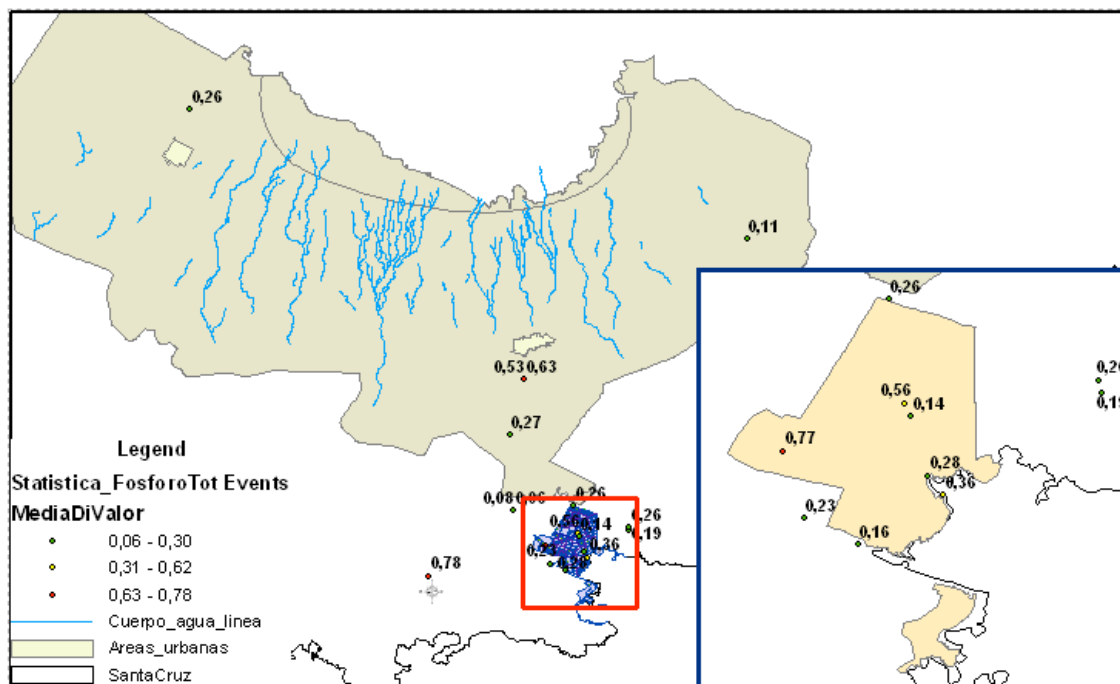
Escherichia coli (UFC/100 ml):



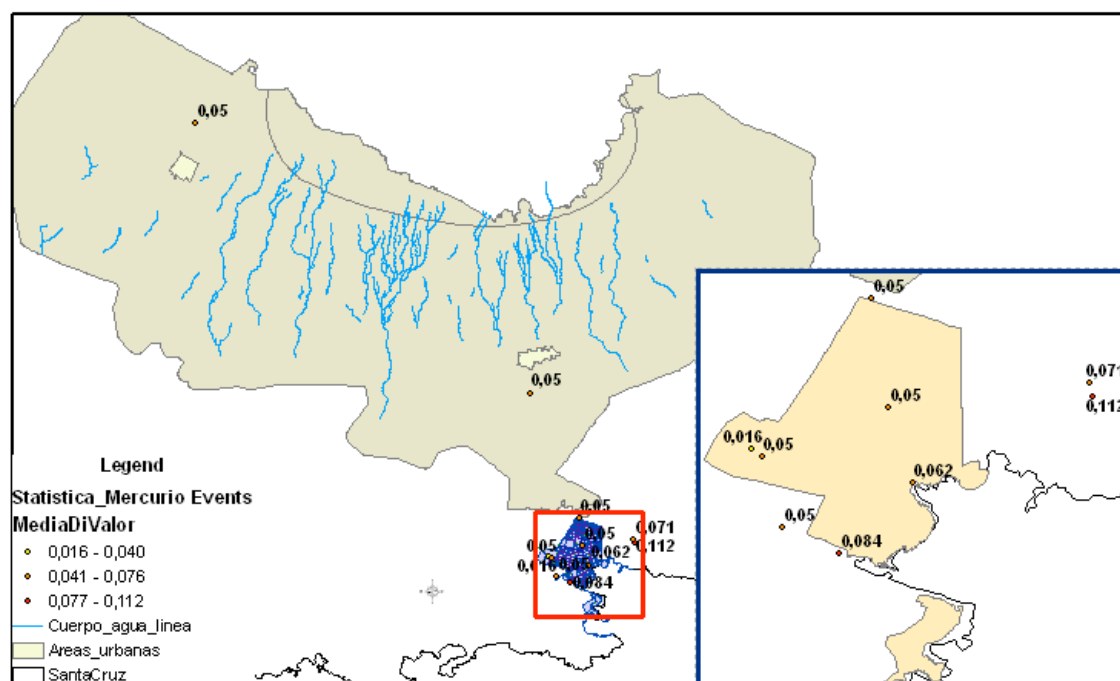
Fenoli (mg/l):



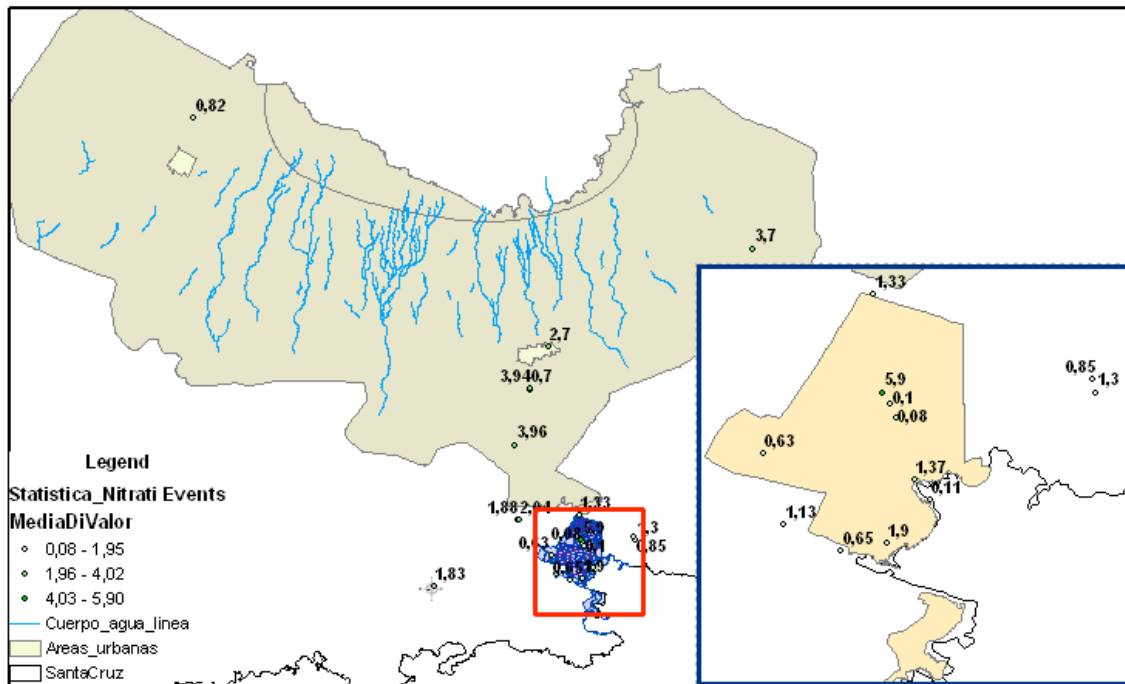
Fosforo (mg/l):



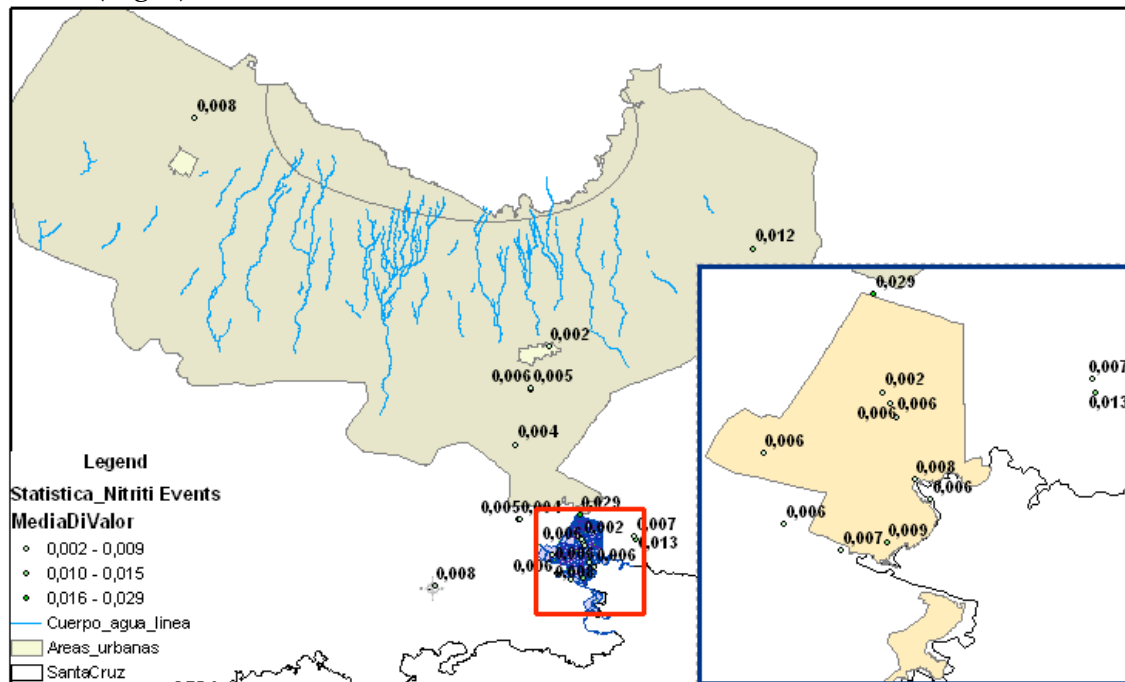
Mercurio (mg/l):



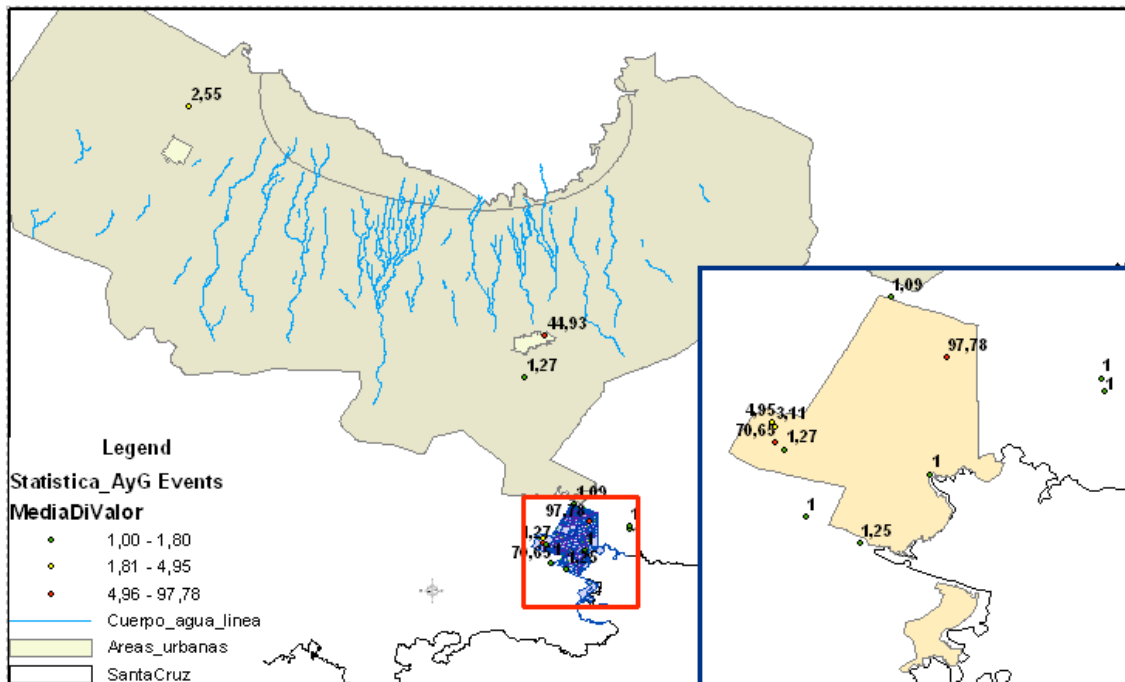
Nitrati (mg/l):



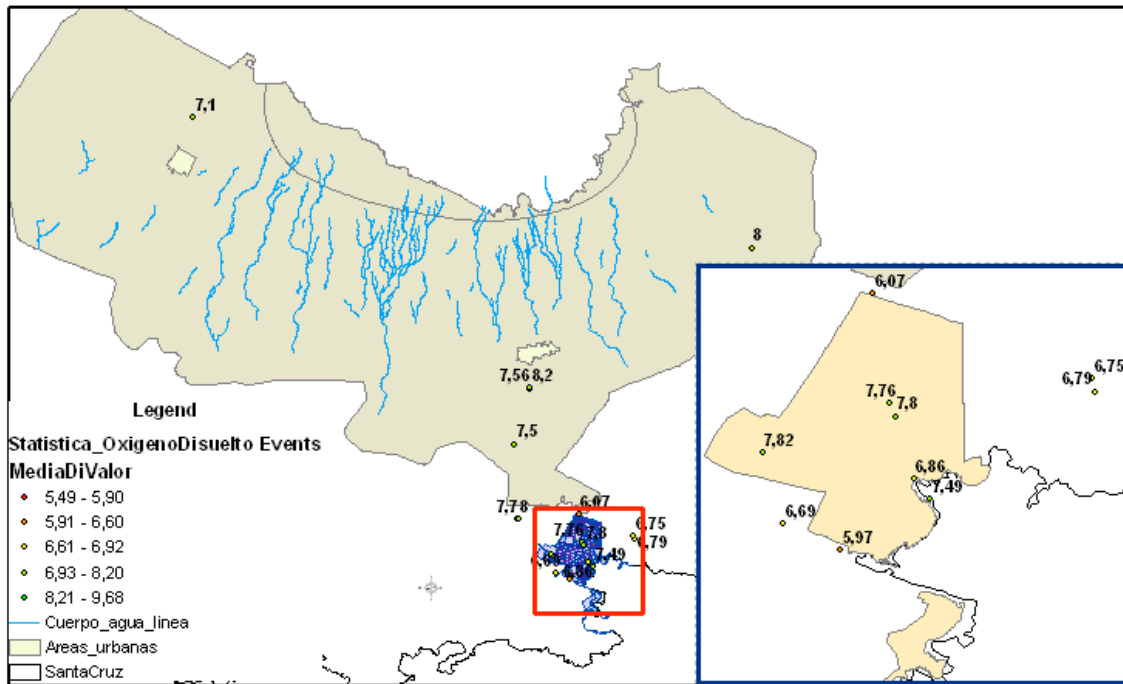
Nitriti (mg/l):



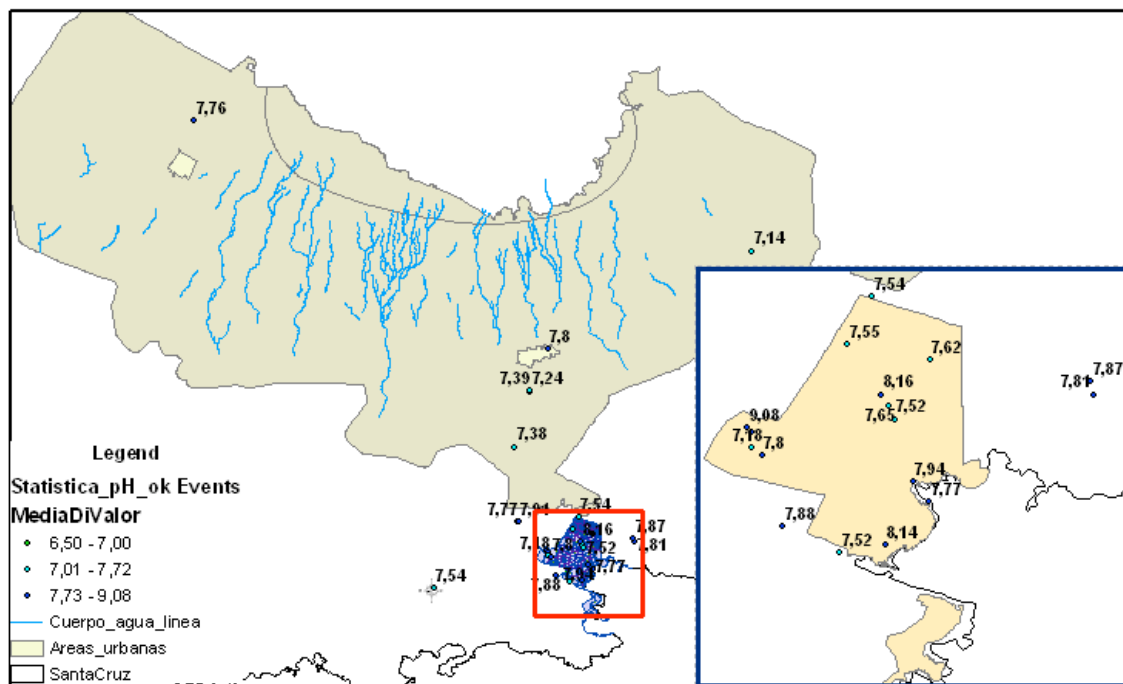
Oli e grassi (mg/l):



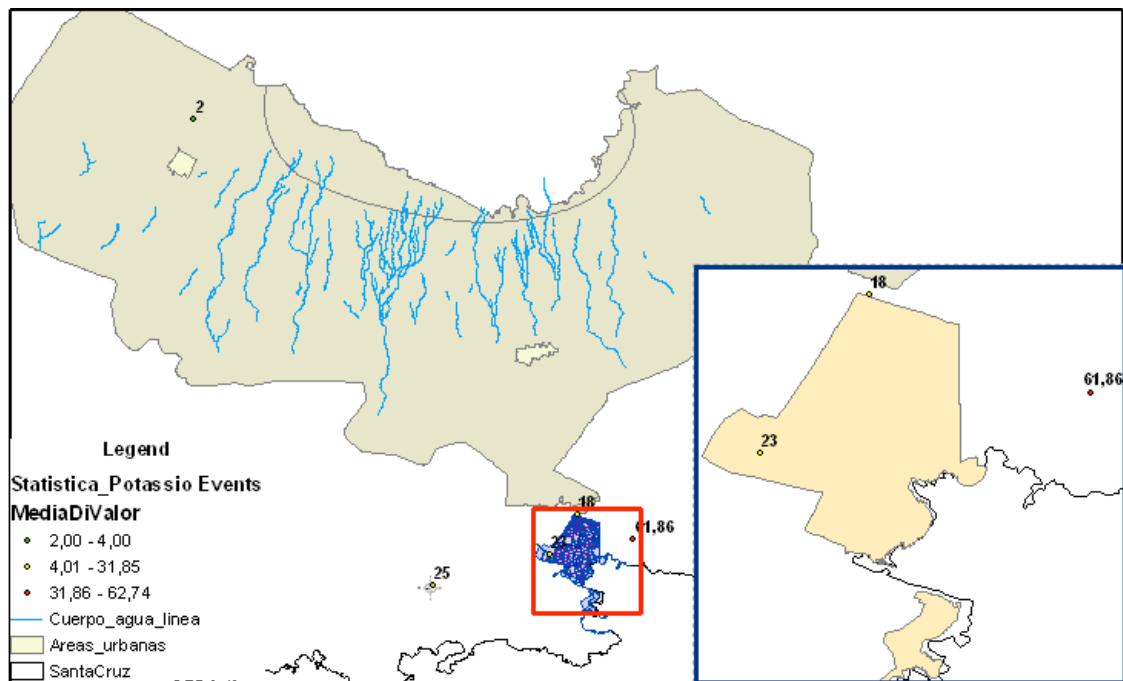
Ossigeno disciolto (mg/l):



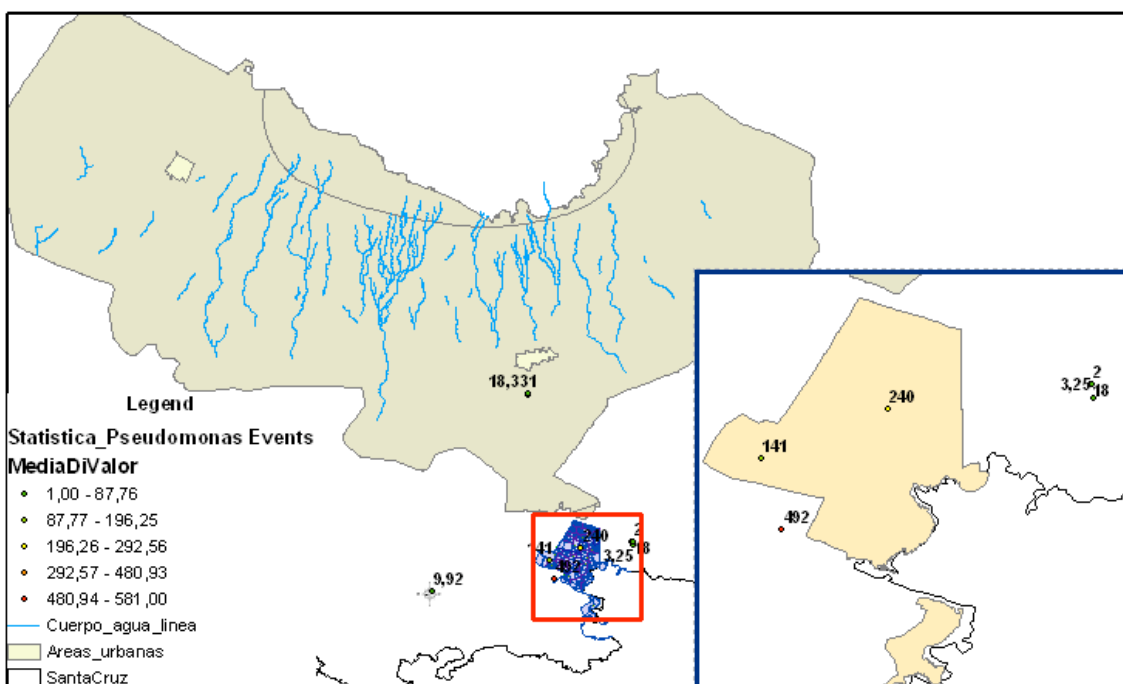
pH:



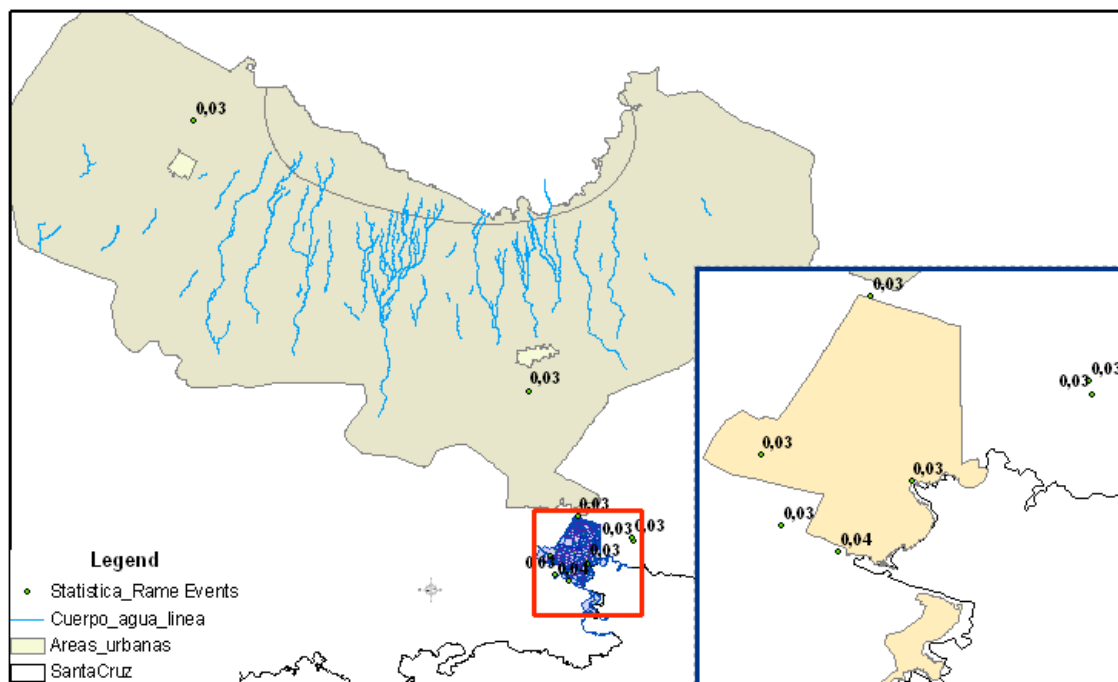
Potassio (mg/l):



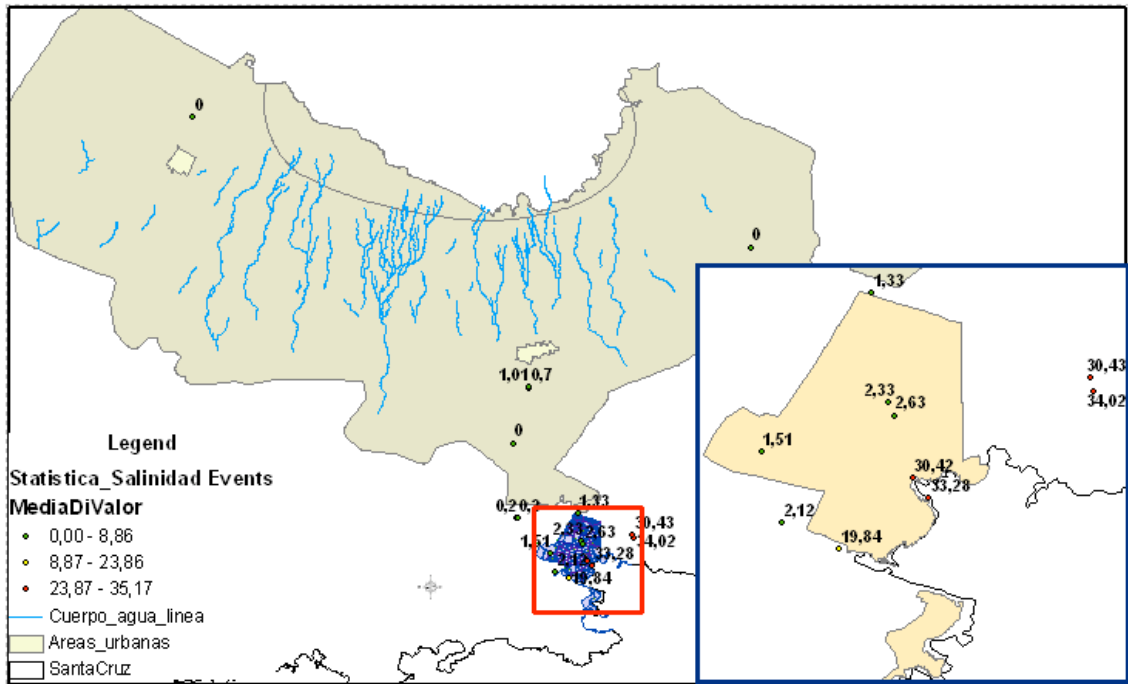
Pseudomonas (UFC/100 ml):



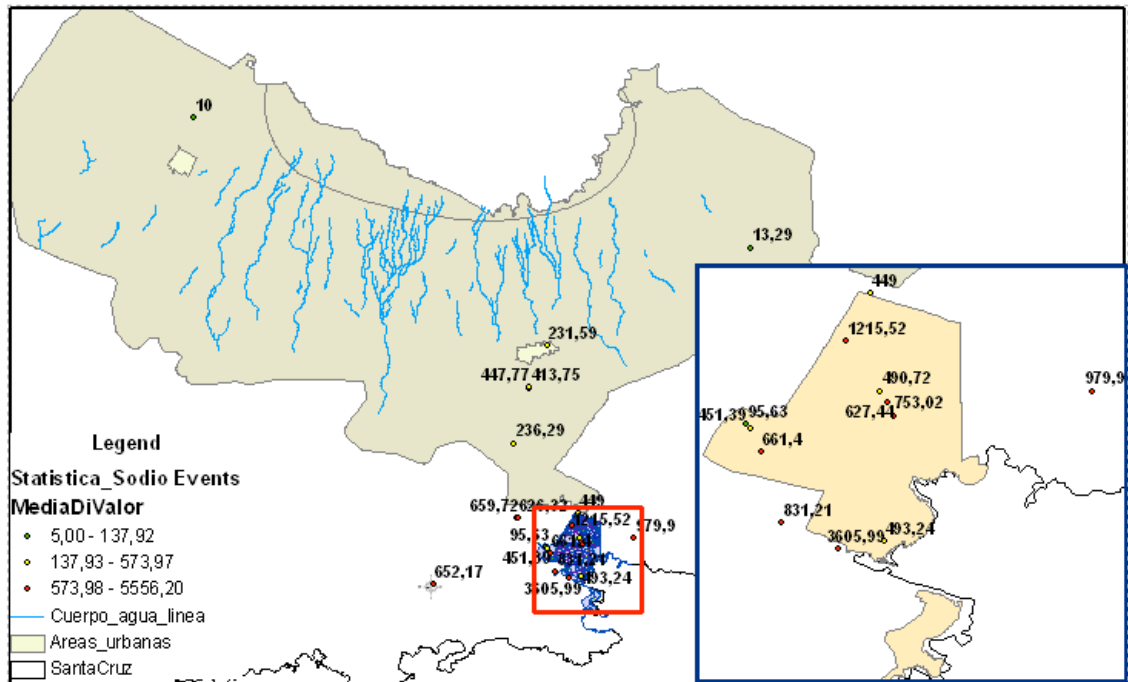
Rame (mg/l):



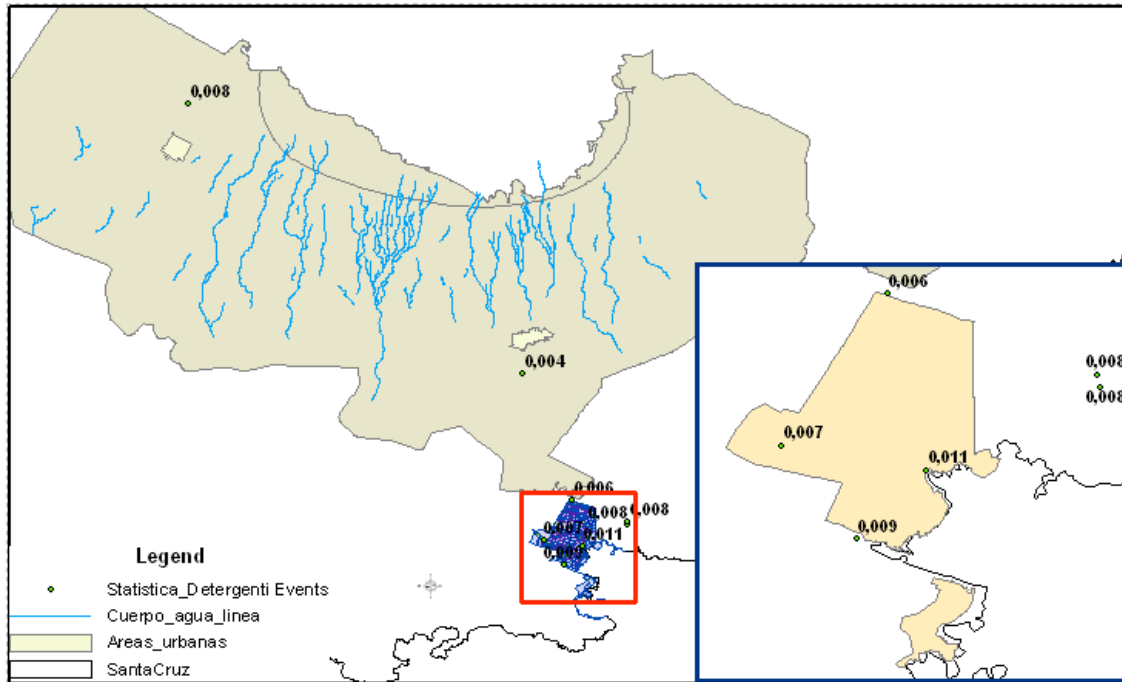
Salinità (g/l):



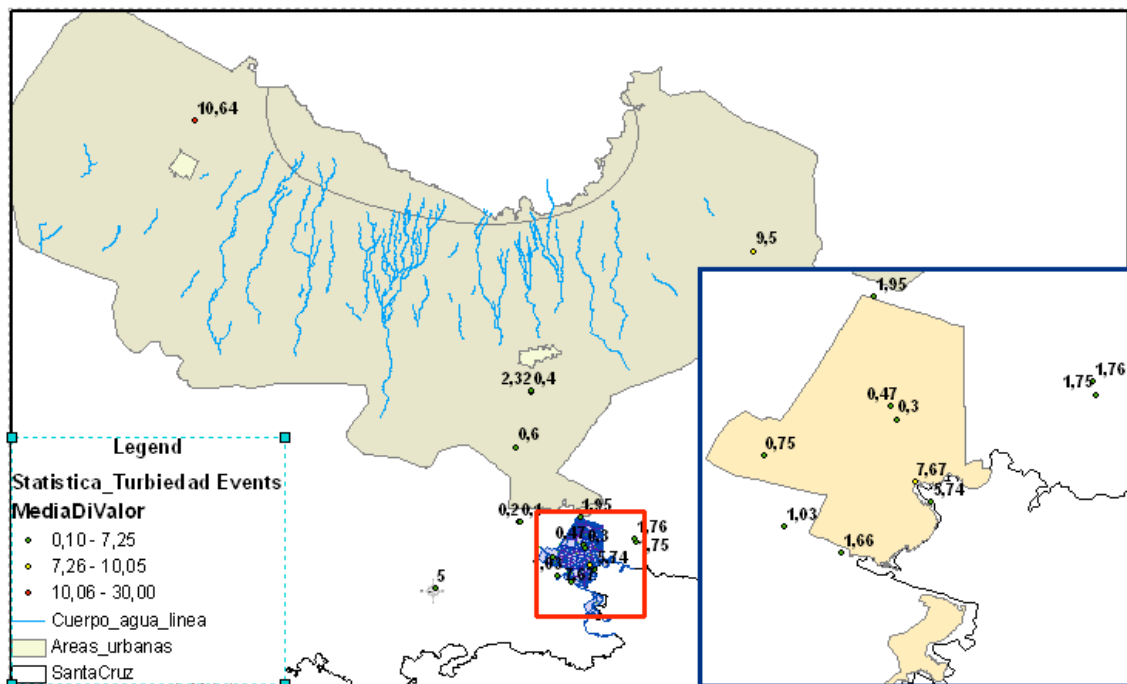
Sodio (mg/l):



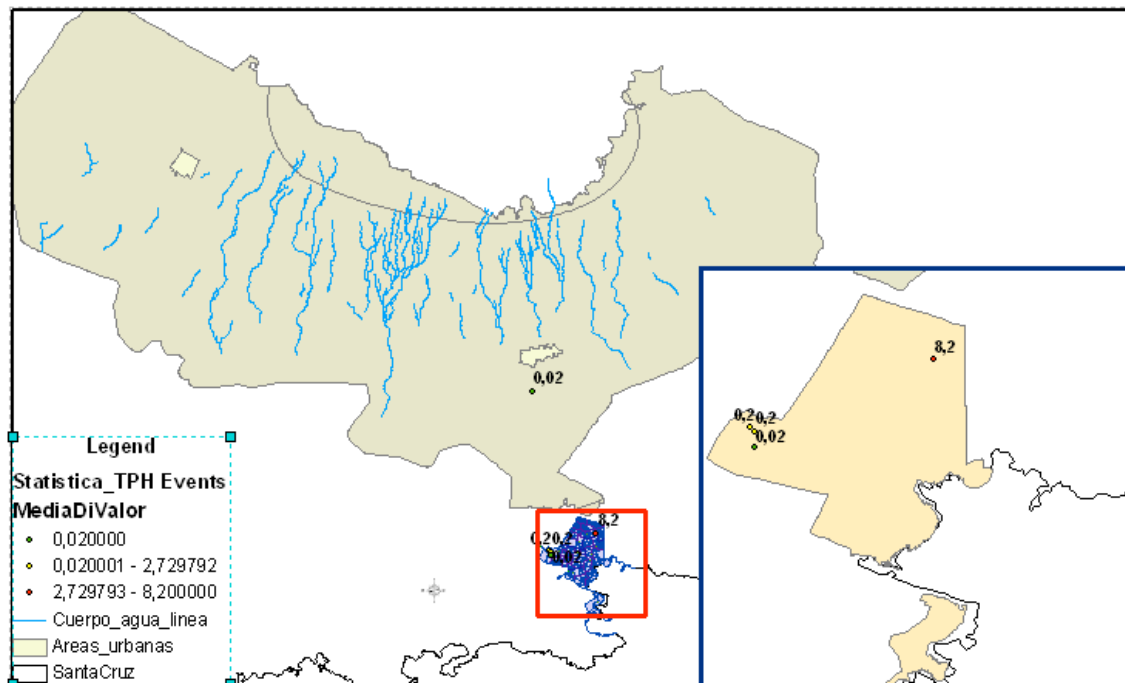
Tensioattivi (mg/l):



Torbidità (NTU):



Idrocarburi totali del petrolio (mg/l):



Allegato 5: Statistiche

Argento (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,002	0,002	0,002	

Alluminio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,05	0,05	0,05	

Ammonio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,01	0,23	0,056	0,088
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,01	0,14	0,065	0,054
HG004	MEDIA LUNA	0,01	0,1	0,056	0,045
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,01	0,15	0,07	0,056
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,01	0,03	0,023	0,011
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,02	0,04	0,03	0,01
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,01	0,11	0,042	0,043
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,01	0,04	0,023	0,015
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,01	0,14	0,075	0,092
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,01	0,49	0,152	0,174
SM006	Bahía Academia Externa	0,03	0,58	0,208	0,207
SM007	Bahía Academia Interna	0,01	0,38	0,14	0,150
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,02	0,4	0,172	0,132
ST004	TANQUE FCD 1	0,02	0,04	0,03	0,01

Acetati e Grassi (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HD001	LACTEOS LA NORUEGA (pozzo settico)	44,93	44,93	44,93	
HG001	POZO PROFUNDO	1	4	1,272	0,904
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	1	8	2,545	2,382
HG004	MEDIA LUNA	1	7	1,8	1,932

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	4,95	4,95	4,95	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	3,11	3,11	3,11	
SD003	GASOLINERA (pozzo settico)	70,65	70,65	70,65	
SD005	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (acque grigie)	97,78	97,78	97,78	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	1	2	1,091	0,301
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	1	1	1	0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	1	1	1	0
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	1	4	1,273	0,904
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	1	1	1	0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	1	1	1	0
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	1	4	1,25	0,866
SM006	Bahía Academia Externa	1	1	1	0
SM007	Bahía Academia Interna	1	1	1	0
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	1	1	1	0
ST004	TANQUE FCD 1	1	1	1	0

Bario (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,02	0,02	0,02	

Boro (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,02	0,02	0,02	

Cadmio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,007	0,007	0,007	1,82E-10
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,007	0,007	0,007	1,69E-10
HG004	MEDIA LUNA	0,007	0,008	0,007	0,0002
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,007	0,007	0,007	1,69E-10
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,007	0,007	0,007	0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,007	0,007	0,007	0

SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,007	0,007	0,007	1,90E-10
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,007	0,007	0,007	0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,007	0,007	0,007	0
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,007	0,007	0,007	1,49E-10
SM006	Bahía Academia Externa	0,007	0,007	0,007	1,14E-10
SM007	Bahía Academia Interna	0,007	0,007	0,007	1,14E-10
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,007	0,007	0,007	1,14E-10
ST004	TANQUE FCD 1	0,007	0,007	0,007	0

Calcio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazion e standard
HG001	POZO PROFUNDO	21,32	21,32	21,32	
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	10	10	10	
HG005	POZA SR. CHIESS	6	8	7	1,41
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	18,03	18,03	18,03	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	20,9	20,9	20,9	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	21,54	21,54	21,54	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	29,67	29,67	29,67	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	38,61	38,61	38,61	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	35,89	35,89	35,89	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	19,14	19,14	19,14	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	34,1	34,1	34,1	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	21,38	48,1	34,74	18,89
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	32,1	32,1	32,1	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	32,22	63	45,77	15,71
SG006	GRIETA LA CAMISETA	49,14	56,1	51,78	3,77
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	33,15	33,15	33,15	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	18,19	18,19	18,19	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	34,78	34,78	34,78	
SM001	AGUA MAR BAHIA	221,74	221,74	221,74	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	135,6	135,6	135,6	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	33,53	33,53	33,53	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	21,22	21,22	21,22	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	47,86	47,86	47,86	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	15,16	15,16	15,16	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO	12,44	12,44	12,44	

	MATASARNO				
--	-----------	--	--	--	--

Cianuro (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,003	0,003	0,003	

Cloruri (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	280	512	442,416	63,216
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	9	21,3	11,692	3,252
HG004	MEDIA LUNA	6	12	9,273	1,489
HG005	POZA SR. CHIESS	21,3	28,4	24,85	5,02
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	16,8	16,8	16,8	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	480	480	480	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	330	330	330	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	56	56	56	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	940	940	940	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	900	900	900	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	1690	1690	1690	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	622	1161	760,64	166,79
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	1720	1890	1805	120,21
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	1322,7	1322,7	1322,7	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	774	1320	880,97	147,30
SG006	GRIETA LA CAMISETA	1053	1200	1108	80,18
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	1380	1380	1380	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	899	1300	1107,75	95,77
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	1005	2369	1327,09	444,19
SM001	AGUA MAR BAHIA	8100	8100	8100	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	3100	3100	3100	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	1699	1699	1699	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	820	820	820	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	1290	1290	1290	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	570	570	570	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	1620	1620	1620	

Coliformi fecali (NMP/100ml):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	200	7,69	33,41
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	14700	1442,86	3846,42
HG004	MEDIA LUNA	0	9700	864,28	2561,43
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	200	200	200	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0	0	0	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0	10500	2141,66	3309,07
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0	110	8,46	30,51
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0	0	0	0
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	200	13,85	46,36
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	400	6300	1462,26	1084,72
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	300	50000	10455,38	17376,59
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0	2000	250	564,88
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0	1800	496,82	308,46
SM006	Bahía Academia Externa	0	500	100	175,81
SM007	Bahía Academia Interna	0	7900	875	2229,19
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0	800	346,15	293,30
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	600	600	600	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0	0	0	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0	0	0	0
ST004	TANQUE FCD 1	0	500	50	144,6
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	200	200	200	0

Coliformi totali (NMP/100ml):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	2923	96,51	383,11
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	700	350	494,97
HG004	MEDIA LUNA	100	500	300	282,84
HG005	POZA SR. CHIESS	265	1072	612	357,63
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	700	700	700	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	152	307	209,86	55,17
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	1932	2000	1977,33	39,26
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	867	3000	1812,42	788,10
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	300	43,27	92,95

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0	188	88,61	56,80
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	89	45000	3359,52	7306,09
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	1600	1600	1600	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	346	712	535,4	149,12
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	300	2700	1041,17	479,24
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	900	900	900	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	1100	1100	1100	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	200	200	200	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0	0	0	0
ST004	TANQUE FCD 1	1472	1472	1472	
ST005	TANQUE FCD 2	1320	1320	1320	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	500	500	500	0

Conducibilità (mS/cm):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	1,42	3160	597,39	1106,38
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,2	180	77,06	62,42
HG004	MEDIA LUNA	0	210	50,34	44,34
HG005	POZA SR. CHIESS	100	150	125	35,35
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	43,6	206	124,8	114,83
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	1244	1244	1244	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	2,17	1246	624,08	879,52
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	530	530	530	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	3,41	3,41	3,41	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	3,13	3,13	3,13	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	3,68	3,68	3,68	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	2,1	2083	162,75	576,96
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	5,49	5644	2824,74	3987,03
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	4510	4510	4510	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	1,8	3159	51,10	388,44
SG006	GRIETA LA CAMISETA	2,9	3485	2272,3	1966,90
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	2,59	7,21	3,99	0,83
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	3,1	7,6	4,37	1,07
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	3,53	6,6	4,65	0,96

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SM001	AGUA MAR BAHIA	29,6	29,6	29,6	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	7,12	59,3	28,49	7,81
SM006	Bahía Academia Externa	19,12	82	50,27	8,44
SM007	Bahía Academia Interna	4,48	64,5	35,51	11,08
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	51,2	51,2	51,2	
SM010	MUELLE ARTESANAL	16,48	96,8	53,78	13,29
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	3,42	3,67	3,54	0,17
ST002	TANQUE CAMISETA 1	2,93	3,68	3,30	0,53
ST003	TANQUE CAMISETA 2	2,93	2,97	2,95	0,03
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	2,47	1252	627,23	883,55
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	2,93	2,93	2,93	

Cromo (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,04	0,04	0,04	0
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,04	0,04	0,04	0
HG004	MEDIA LUNA	0,04	0,04	0,04	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,04	0,04	0,04	0
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,04	0,04	0,04	0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,04	0,04	0,04	0
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,04	0,04	0,04	0
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,04	0,04	0,04	0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,04	0,04	0,04	0
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,04	0,04	0,04	0
SM006	Bahía Academia Externa	0,04	0,04	0,04	0
SM007	Bahía Academia Interna	0,04	0,04	0,04	0
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,04	0,04	0,04	0
ST004	TANQUE FCD 1	0,04	0,04	0,04	0

Domanda biologica d'ossigeno (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HD001	LACTEOS LA NORUEGA (pozzo settico)	0,44	0,44	0,44	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,1	0,1	0,1	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,1	0,1	0,1	

Tensioattivi (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,001	0,008	0,003	0,004
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,004	0,012	0,008	0,005
HG004	MEDIA LUNA	0,009	0,009	0,009	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,004	0,007	0,005	0,002
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,008	0,008	0,008	
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,015	0,015	0,015	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,001	0,014	0,007	0,006
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,012	0,012	0,012	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,007	0,011	0,009	0,003
SM006	Bahía Academia Externa	0,005	0,005	0,005	
SM007	Bahía Academia Interna	0,013	0,013	0,013	
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,011	0,011	0,011	
ST004	TANQUE FCD 1	0,008	0,008	0,008	

Domanda chimica d'ossigeno (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HD001	LACTEOS LA NORUEGA (pozzo settico)	4710	4710	4710	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	30	30	30	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	48	48	48	

Durezza totale (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	159,44	209	184,22	35,04
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	41	65	53	16,97
HG004	MEDIA LUNA	4	4	4	
HG005	POZA SR. CHIESS	45	60	52,5	10,61
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	93,3	93,3	93,3	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	156,64	156,64	156,64	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	158,51	158,51	158,51	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	141,98	141,98	141,98	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	127,78	127,78	127,78	

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	154,15	154,15	154,15	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	158,51	158,51	158,51	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	320	400	360	56,57
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	580,09	630	605,04	35,29
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	420	420	420	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	277,86	395	347,62	61,69
SG006	GRIETA LA CAMISETA	306,6	390	350,53	41,88
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	322,61	322,61	322,61	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	373,23	459	416,11	60,65
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	150,68	150,68	150,68	
SM001	AGUA MAR BAHIA	3326,4	3326,4	3326,4	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	187414	187414	187414	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	356,98	356,98	356,98	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	344,81	344,81	344,81	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	344,81	344,81	344,81	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	179,71	179,71	179,71	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	333,05	333,05	333,05	

Escherichia Coli (UFC/100ml):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	1265	90,22	296,44
HG005	POZA SR. CHIESS	75	540	234,5	216,89
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0	2	0,4	0,89
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	84	480	260,33	201,52
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	17	103	30	24,87
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	8	4,33	4,041
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0	39	6,47	12,34
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	166	396	240	105,16
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	84	462	259,33	190,48
ST004	TANQUE FCD 1	22	22	22	
ST005	TANQUE FCD 2	12	12	12	

Fenoli (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,001	0,072	0,011	0,017
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,001	0,054	0,01	0,02
HG004	MEDIA LUNA	0,001	0,038	0,008	0,01
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,001	0,062	0,01	0,02
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,001	0,047	0,009	0,02
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,001	0,062	0,012	0,02
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,001	0,061	0,01	0,01
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,001	0,001	0,001	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,001	0,039	0,01	0,02
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,001	0,079	0,009	0,02
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,001	0,041	0,006	0,01
SM006	Bahía Academia Externa	0,001	0,027	0,006	0,008
SM007	Bahía Academia Interna	0,001	0,016	0,003	0,004
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,001	0,029	0,005	0,008
ST004	TANQUE FCD 1	0,001	0,026	0,004	0,008

Ferro (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,02	0,02	0,02	

Fluoruri (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,29	0,29	0,29	

Fosforo (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	1,71	0,53	0,44
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	1,14	0,25	0,33
HG004	MEDIA LUNA	0	1,04	0,22	0,29
HG005	POZA SR. CHIESS	0,5	0,6	0,55	0,07
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	0,11	0,11	0,11	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,63	0,63	0,63	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0	1,2	0,26	0,36
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES	0,01	0,63	0,18	0,23

	DARWIN				
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,01	1,4	0,17	0,42
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	3,1	0,77	0,63
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0,3	1,25	0,77	0,67
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,08	1	0,56	0,28
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0	1,2	0,38	0,39
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,01	1,05	0,23	0,33
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,01	0,92	0,16	0,16
SM006	Bahía Academia Externa	0,01	1,15	0,19	0,28
SM007	Bahía Academia Interna	0,01	0,78	0,20	0,18
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,01	1,17	0,27	0,33
SM010	MUELLE ARTESANAL	0,05	0,77	0,36	0,17
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	0,14	0,14	0,14	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,08	0,08	0,08	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,06	0,06	0,06	
ST004	TANQUE FCD 1	0,01	0,84	0,26	0,32
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0,27	0,27	0,27	

Idrocarburi policiclici aromatici (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,002	0,002	0,002	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	0,002	0,002	0,002	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	0,007	0,007	0,007	
SD003	GASOLINERA (pozzo settico)	0,006	0,006	0,006	
SD005	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (acqua grigia)	0,176	0,176	0,176	

Magnesio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	25,82	25,82	25,82	
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	9,7	9,7	9,7	
HG005	POZA SR. CHIESS	7,3	9,7	8,5	1,70
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	11,74	11,74	11,74	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	25,39	25,39	25,39	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	25,46	25,46	25,46	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	16,51	16,51	16,51	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo	7,65	7,65	7,65	

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
	settico 2)				
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	15,7	15,7	15,7	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	26,91	26,91	26,91	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	76,6	76,6	76,6	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	124	128	126	2,83
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	79	79	79	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	47,98	70,5	59,24	15,92
SG006	GRIETA LA CAMISETA	44,71	60,8	53,80	8,25
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	58,29	58,29	58,29	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	75,43	75,43	75,43	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	15,53	15,53	15,53	
SM001	AGUA MAR BAHIA	673,88	673,88	673,88	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	373,21	373,21	373,21	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	66,44	66,44	66,44	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	70,93	70,93	70,93	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	54,77	54,77	54,77	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	34,48	34,48	34,48	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	73,39	73,39	73,39	

Materia organica (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HD001	LACTEOS LA NORUEGA (pozzo settico)	420,6	420,6	420,6	

Mercurio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,05	0,05	0,05	0
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,05	0,05	0,05	0
HG004	MEDIA LUNA	0,05	0,05	0,05	6,80E-10
SD003	GASOLINERA (pozzo settico)	0,016	0,016	0,016	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,05	0,05	0,05	6,80E-10
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,002	0,78	0,112	0,22
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,05	0,22	0,067	0,05
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,05	0,05	0,05	0

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,05	0,05	0,05	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,002	0,05	0,04	0,01
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,05	0,05	0,05	1,36E-09
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,05	0,39	0,08	0,09
SM006	Bahía Academia Externa	0,05	0,29	0,07	0,066
SM007	Bahía Academia Interna	0,05	0,25	0,06	0,05
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,05	0,2	0,06	0,04
ST004	TANQUE FCD 1	0,05	0,26	0,07	0,06

Nichel (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,006	0,006	0,006	0
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,006	0,006	0,006	0
HG004	MEDIA LUNA	0,006	0,006	0,006	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,006	0,006	0,006	0
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,006	0,006	0,006	0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,006	0,006	0,006	0
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,006	0,006	0,006	0
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,006	0,006	0,006	0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,006	0,006	0,006	0
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,006	0,006	0,006	0
SM006	Bahía Academia Externa	0,006	0,006	0,006	0
SM007	Bahía Academia Interna	0,006	0,006	0,006	0
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,006	0,006	0,006	0
ST004	TANQUE FCD 1	0,006	0,006	0,006	0

Nitrati (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	3,3	0,69	0,79
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	1,9	0,82	0,78
HG004	MEDIA LUNA	0	1,8	0,67	0,67
HG005	POZA SR. CHIESS	0,25	0,25	0,25	0
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	1	6,4	3,7	3,82
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	2,7	2,7	2,7	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,07	7,8	3,93	5,47
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	1,9	1,9	1,9	

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0	2,1	1,33	0,57
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,1	5,5	1,30	1,41
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,1	2,3	1,04	0,67
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	2,2	0,63	0,73
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0,25	4,5	1,83	2,32
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,04	0,44	0,10	0,09
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0	11,2	2,35	2,75
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,06	1,9	1,13	0,64
SM001	AGUA MAR BAHIA	3,3	3,3	3,3	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,04	1,9	0,65	0,71
SM006	Bahía Academia Externa	0,04	1,7	0,52	0,57
SM007	Bahía Academia Interna	0,03	1,8	0,56	0,64
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,1	2,1	1,37	0,57
SM010	MUELLE ARTESANAL	0,04	0,32	0,11	0,07
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	0,08	0,08	0,08	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,05	3,7	1,87	2,58
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,07	4	2,03	2,78
ST004	TANQUE FCD 1	0,1	1,6	0,85	0,54
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0,61	7,3	3,95	4,73
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	5,9	5,9	5,9	

Nitriti (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,002	0,022	0,006	0,003
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	0,051	0,008	0,009
HG004	MEDIA LUNA	0,002	0,02	0,006	0,004
HG005	POZA SR. CHIESS	0	0,03	0,015	0,02
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	0,003	0,02	0,01	0,01
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	0,002	0,002	0,002	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,002	0,008	0,005	0,004
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	0,009	0,009	0,009	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,004	0,37	0,03	0,09
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,004	0,06	0,01	0,02
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,004	0,07	0,01	0,02
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,002	0,01	0,006	0,002

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0,002	0,02	0,008	0,01
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,002	0,013	0,006	0,003
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,002	0,013	0,007	0,003
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,003	0,011	0,006	0,002
SM001	AGUA MAR BAHIA	0,002	0,002	0,002	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,002	0,013	0,008	0,002
SM006	Bahía Academia Externa	0,003	0,014	0,007	0,002
SM007	Bahía Academia Interna	0,003	0,018	0,007	0,003
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,004	0,012	0,008	0,002
SM010	MUELLE ARTESANAL	0,004	0,011	0,006	0,002
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	0,006	0,006	0,006	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,002	0,008	0,005	0,004
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,002	0,006	0,004	0,003
ST004	TANQUE FCD 1	0,004	0,009	0,007	0,001
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0,002	0,005	0,003	0,002
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	0,002	0,002	0,002	

Ossigeno disciolto (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	4,6	15,5	7,6	1,3
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	5,1	8,5	7,1	1,07
HG004	MEDIA LUNA	3,7	8	5,8	1,7
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	8	8	8	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	8,2	8,2	8,2	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	5,5	6,6	6,1	0,4
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	4,9	9,8	6,8	1,4
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	5,3	13,5	9,7	2,2
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	5,8	11	7,8	0,8
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	5,9	9,5	7,8	0,6
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	3,8	13,2	5,4	2,8
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	6	7,5	6,7	0,6
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	4,1	7,9	6,0	0,9
SM006	Bahía Academia Externa	4,4	9	7,4	1,0
SM007	Bahía Academia Interna	4,6	9,6	6,7	1,0
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	4,5	8,7	6,9	1,2
SM010	MUELLE ARTESANAL	4,8	10	7,4	1,0

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	7,8	7,8	7,8	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	7,7	7,7	7,7	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	8	8	8	0
ST004	TANQUE FCD 1	4,9	9,7	6,7	1,4
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	7,5	7,5	7,5	0

pH:

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	6,29	8,2	7,399	0,36
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	6,7	8,58	7,76	0,42
HG004	MEDIA LUNA	5,71	7,8	6,73	0,66
HG005	POZA SR. CHIESS	5,9	7,1	6,5	0,85
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	6,78	7,5	7,14	0,512
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	7,8	7,8	7,8	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	7	7,47	7,23	0,33
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	9,08	9,08	9,08	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	7,81	7,81	7,81	
SD003	GASOLINERA (pozzo settico)	7,18	7,18	7,18	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	8,14	8,14	8,14	
SD005	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (acque grigie)	7,62	7,62	7,62	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	7,55	7,55	7,55	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	6,7	7,8	7,54	0,21
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	6,75	8,1	7,81	0,37
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	7,6	8,3	8,1	0,2
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	6,5	8,2	7,8	0,3
SG006	GRIETA LA CAMISETA	7,2	8,1	7,5	0,5
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	5,5	8,8	7,6	0,5
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	7,4	7,8	7,6	0,1
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	7,6	8,0	7,9	0,1
SM001	AGUA MAR BAHIA	7,9	7,9	7,9	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	4,4	9,2	7,5	0,5
SM006	Bahía Academia Externa	6,4	8,9	7,8	0,3
SM007	Bahía Academia Interna	6,5	8,5	7,727	0,3
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	7,3	8,2	7,9	0,2

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SM010	MUELLE ARTESANAL	5,8	8,3	7,8	0,4
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	7,5	7,5	7,5	0,02
ST002	TANQUE CAMISETA 1	7,4	8,1	7,8	0,5
ST003	TANQUE CAMISETA 2	7,7	8,1	7,9	0,3
ST004	TANQUE FCD 1	7,6	8	7,9	0,1
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	7	7,8	7,4	0,5
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	8,16	8,16	8,16	

Piombo (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
HG004	MEDIA LUNA	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,09	0,09	0,09	1,11E-09
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,09	0,09	0,09	1,11E-09
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,09	0,09	0,09	1,91E-09
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,09	0,09	0,09	1,11E-09
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,09	0,09	0,09	1,11E-09
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
SM006	Bahía Academia Externa	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
SM007	Bahía Academia Interna	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,09	0,09	0,09	1,19E-09
ST004	TANQUE FCD 1	0,09	0,09	0,09	1,11E-09

Potassio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	2	2	2	
HG005	POZA SR. CHIESS	4	4	4	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	18	18	18	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	44	79,72	61,86	25,26
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	29	29	29	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	23	23	23	
SG006	GRIETA LA CAMISETA	24	26	25	1,41

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	92,11	92,11	92,11	

Pseudomonas ssp (UCF/100 ml):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	53	18,3	30,0
HG005	POZA SR. CHIESS	581	581	581	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	1	1	1	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	1	8	3,2	3,3
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	141	141	141	
SG006	GRIETA LA CAMISETA	0	28	9,9	10,8
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	240	240	240	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	492	492	492	
ST004	TANQUE FCD 1	2	2	2	
ST005	TANQUE FCD 2	18	18	18	

Rame (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,03	0,03	0,03	0
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0,03	0,03	0,03	0
HG004	MEDIA LUNA	0,03	0,03	0,03	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,03	0,03	0,03	0
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0,03	0,03	0,03	0
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	0,03	0,16	0,09	0,09
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,03	0,03	0,03	0
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,03	0,03	0,03	0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,03	0,03	0,03	0
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,03	0,04	0,03	0,01
SM006	Bahía Academia Externa	0,03	0,03	0,03	0
SM007	Bahía Academia Interna	0,03	0,04	0,03	0,01
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	0,03	0,03	0,03	0
ST004	TANQUE FCD 1	0,03	0,03	0,03	0

Salinità (g/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
-------------	------	---------------	----------------	-------	---------------------

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0	1,8	1,0	0,3
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	0	0	0	0
HG004	MEDIA LUNA	0	0	0	0
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	0	0	0	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,7	0,7	0,7	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	1,1	1,6	1,3	0,1
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	30,6	37,2	34,0	2,4
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	30,4	37,7	35,2	2,6
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	2,8	1,5	0,3
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	1,9	3	2,3	0,2
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,2	2,7	2,1	0,6
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0,2	3	2,1	0,7
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	7,8	31,1	19,8	4,3
SM006	Bahía Academia Externa	17	36,2	32,5	2,5
SM007	Bahía Academia Interna	17,8	35	23,8	4,0
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	23,9	35,7	30,4	2,9
SM010	MUELLE ARTESANAL	20,3	36,2	33,3	2,2
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	2,63	2,63	2,63	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,2	0,2	0,2	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,2	0,2	0,2	0
ST004	TANQUE FCD 1	26,2	35,8	30,425	3,42
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0	0	0	0

Selenio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,03	0,03	0,03	

Sodio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	447,77	447,77	447,77	
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	10	10	10	
HG005	POZA SR. CHIESS	4	6	5	1,41
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	13,29	13,29	13,29	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	231,59	231,59	231,59	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	413,75	413,75	413,75	

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	95,63	95,63	95,63	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	451,39	451,39	451,39	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	493,24	493,24	493,24	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	1215,52	1215,52	1215,52	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	449	449	449	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	869,8	1090	979,9	155,70
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	680	680	680	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	510	861,2	661,4	180,53
SG006	GRIETA LA CAMISETA	626,51	700	652,17	41,46
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	627,44	627,44	627,44	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	532,83	532,83	532,83	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	831,21	831,21	831,21	
SM001	AGUA MAR BAHIA	5556,2	5556,2	5556,2	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	3605,99	3605,99	3605,99	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	753,02	753,02	753,02	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	659,72	659,72	659,72	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	626,32	626,32	626,32	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	236,29	236,29	236,29	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	490,72	490,72	490,72	

Solfati (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	80	86	83	4,3
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	8	8	8	0
HG004	MEDIA LUNA	2	2	2	
HG005	POZA SR. CHIESS	3	10	6,5	4,9
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	81	81	81	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	84	84	84	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	85	85	85	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	87	87	87	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	178	178	178	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	154	154	154	

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	114	114	114	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	90	145	117,5	38,9
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	160	353	256,5	136,5
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	148	148	148	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	100	150	132	27,8
SG006	GRIETA LA CAMISETA	100	146	115,3	26,6
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	194	194	194	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	210	273	241,5	44,5
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	223	223	223	
SM001	AGUA MAR BAHIA	497	497	497	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	527	527	527	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	212	212	212	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	186	186	186	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	179	179	179	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	59	59	59	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	163	163	163	

Solidi totali disciolti (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	607	607	607	
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	162	162	162	
HG005	POZA SR. CHIESS	90	130	110	28,3
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	191	191	191	
HT004	TANQUE DE BELLAVISTA 2	651	651	651	
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	664	664	664	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	353	353	353	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	2118	2118	2118	
SD004	HOSPITAL (pozzo settico)	1529	1529	1529	
SD006	LAVANDERIA LA CARA DEL FUTURO (acque grigie)	1758	1758	1758	
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	2549	2549	2549	
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	2658	5098	3878	1725,3
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	3735	3735	3735	
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA	1468	2843	2155,5	972,3

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
	COLORADA				
SG006	GRIETA LA CAMISETA	1614	3137	2582,3	841,6
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	1836	1836	1836	
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	1934	1934	1934	
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	1970	1970	1970	
SM001	AGUA MAR BAHIA	10974	10974	10974	
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	6304	6304	6304	
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	1899	1899	1899	
ST002	TANQUE CAMISETA 1	1685	1685	1685	
ST003	TANQUE CAMISETA 2	1475	1475	1475	
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	668	668	668	
ST007	TANQUE EN EL BARRIO MATASARNO	1697	1697	1697	

Idrocarburi totali del petrolio (mg/l):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,02	0,02	0,02	
SD001	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 1)	0,2	0,2	0,2	
SD002	CENTRAL ELECTRICA (pozzo settico 2)	0,2	0,2	0,2	
SD003	GASOLINERA (pozzo settico)	0,02	0,02	0,02	
SD005	LAVADERO DE AUTOS EL GRAN ESCAPE (acque grigie)	8,2	8,2	8,2	

Temperatura acqua (°C):

Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
HG001	POZO PROFUNDO	0,2	20,5	2,3	3,9
HG002	CERRO LA VERTIENTE Santa Rosa (fonte)	2	24,5	10,6	5,9
HG004	MEDIA LUNA	0,9	23,1	6,8	6,8
HG005	POZA SR. CHIESS	10	50	30	28,3
HT001	ZONA AGRICOLA EL CASCAJO	9,5	9,5	9,5	0
HT005	TANQUE DE POZO PROFUNDO	0,4	0,4	0,4	0
SG001	GRIETA EL BARRANCO 1	0,3	10	1,9	2,4
SG003	GRIETA FUNDACION CHARLES DARWIN	0	5	1,7	1,2
SG004	GRIETA DE LOS ALEMANES	1	10	2,3	2,4
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0	10	0,7	1,3

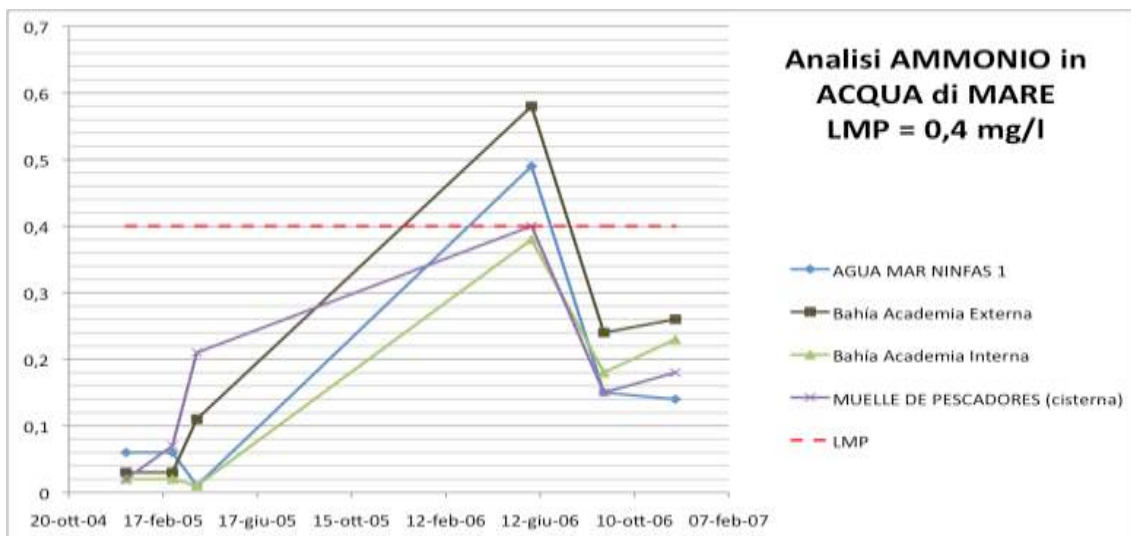
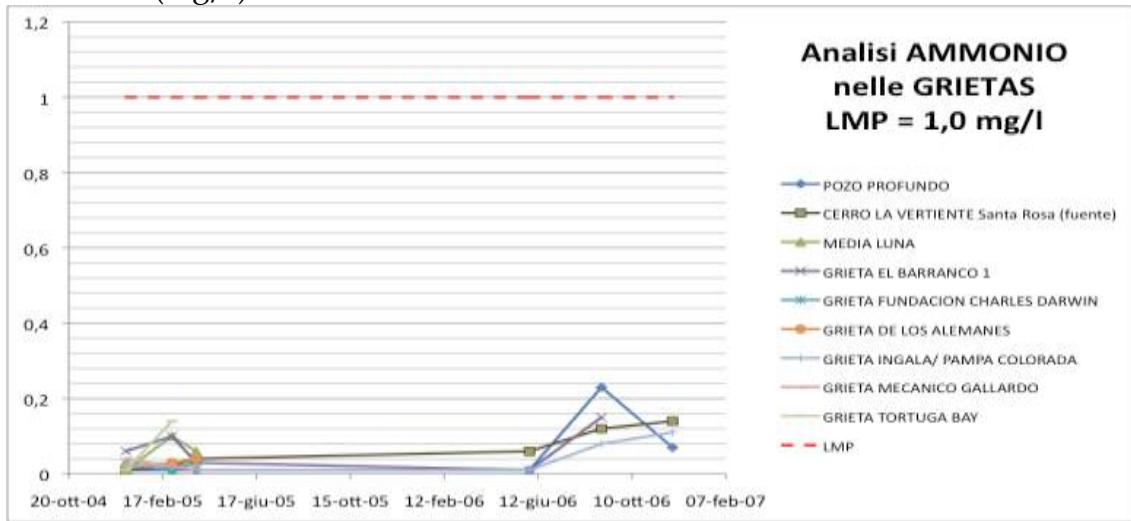
Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG006	GRIETA LA CAMISETA	5	5	5	0
SG007	GRIETA LA MISION SAN FRANCISCO	0,2	2,3	0,5	0,4
SG008	GRIETA MECANICO GALLARDO	0,4	4	1,2	1,0
SG010	GRIETA TORTUGA BAY	0	2,9	1,025	0,910669085
SM002	AGUA MAR NINFAS 1	0,4	9,9	1,7	1,3
SM006	Bahía Academia Externa	0,4	14,7	3,4	2,1
SM007	Bahía Academia Interna	0,6	12,9	2,6	1,9
SM008	MUELLE DE PESCADORES (cisterna)	2,6	18,4	7,7	4,2
SM010	MUELLE ARTESANAL	1,4	14,4	5,7	2,8
ST001	ABASTECIMIENTO PURIFICADORA PELIKAN BAY	0,3	0,3	0,3	0
ST002	TANQUE CAMISETA 1	0,2	0,2	0,2	0
ST003	TANQUE CAMISETA 2	0,1	0,1	0,1	0
ST004	TANQUE FCD 1	1	2,4	1,8	0,4
ST006	TANQUE DE PARQUE ARTESANAL	0,6	0,6	0,6	0

Zinco (mg/l):

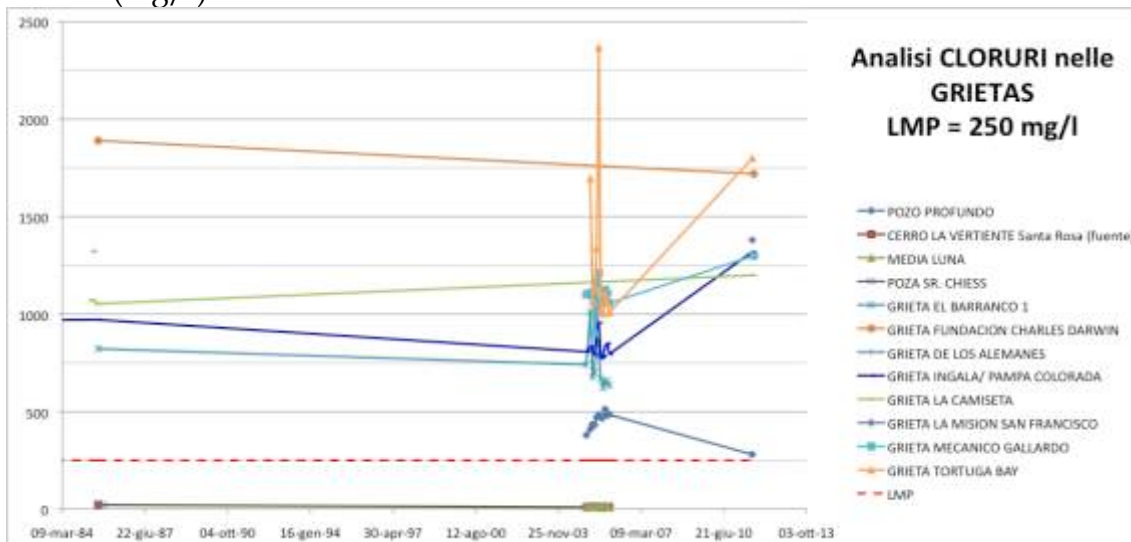
Codice sito	Sito	Valore minimo	Valore massimo	Media	Deviazione standard
SG005	GRIETA INGALA/ PAMPA COLORADA	0,008	0,008	0,008	

Allegato 6: Serie temporali

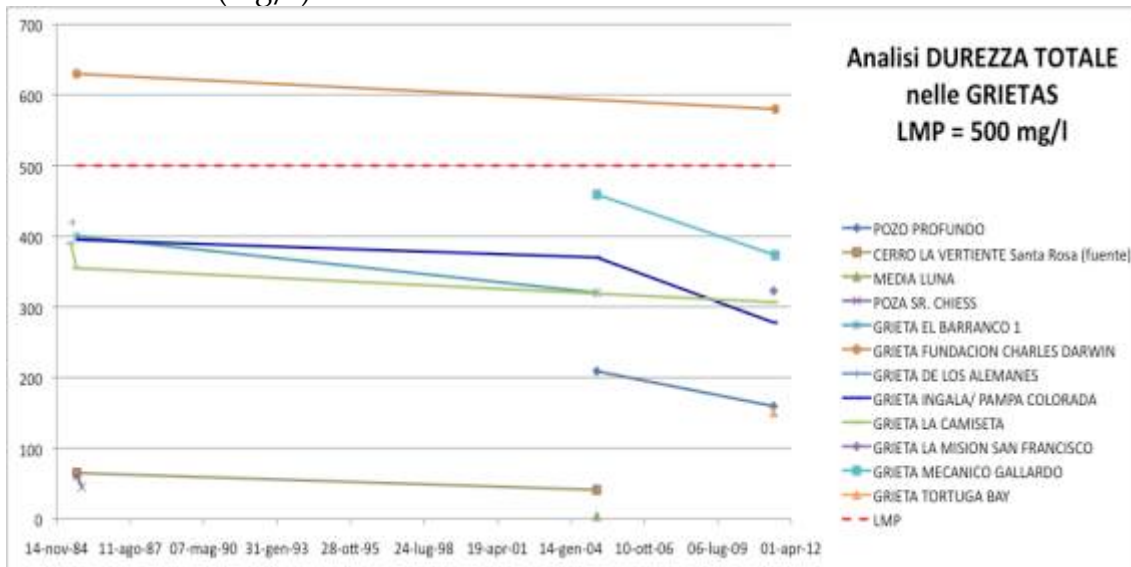
Ammonio (mg/l):



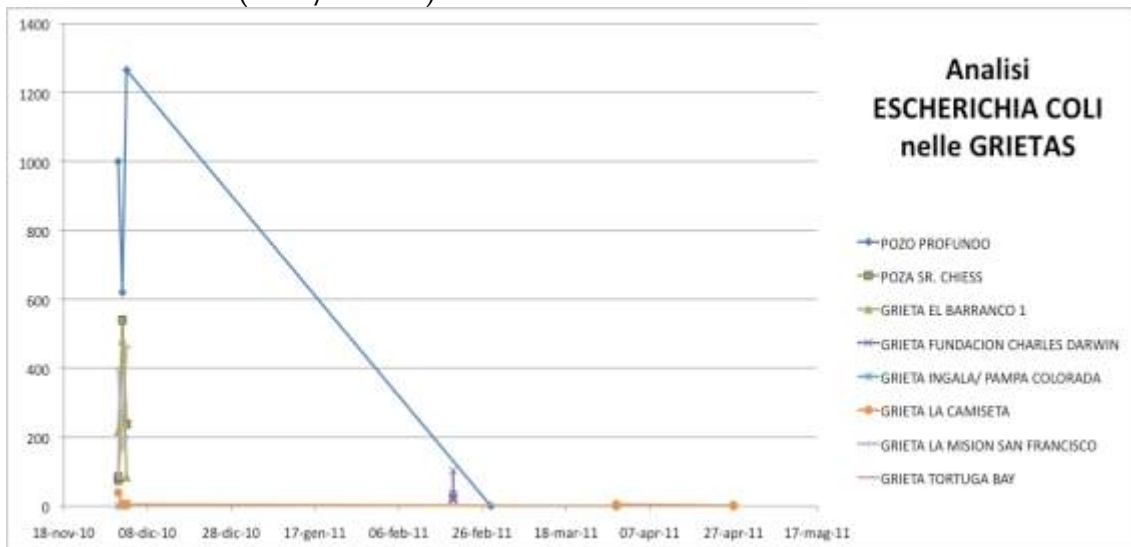
Cloruri (mg/l):



Durezza totale (mg/l):



Escherichia Coli (UFC/100 ml):



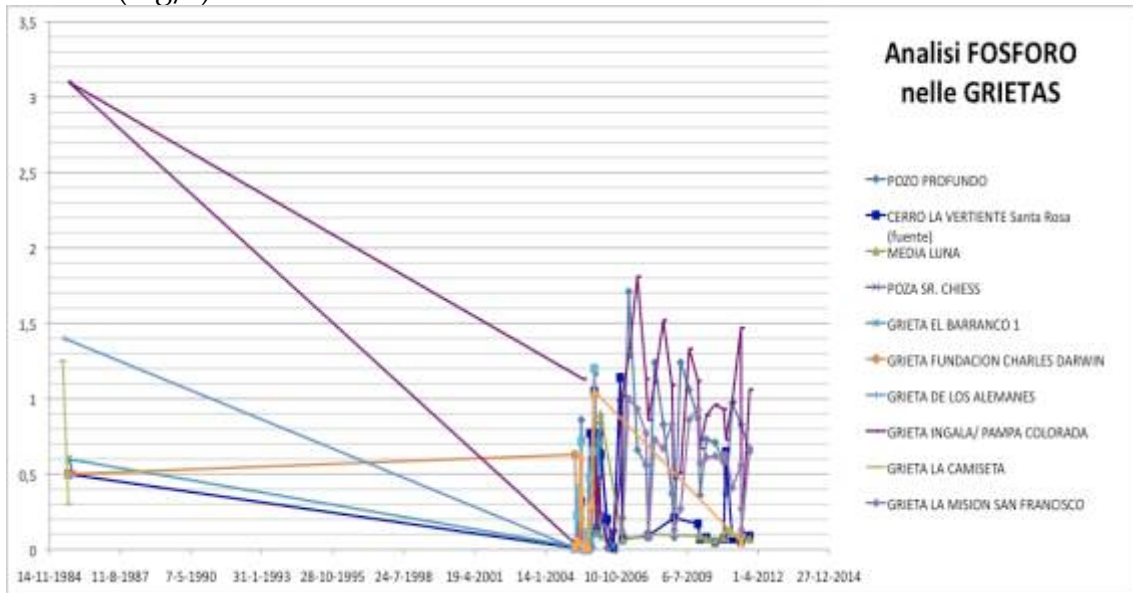
Fenoli (mg/l):



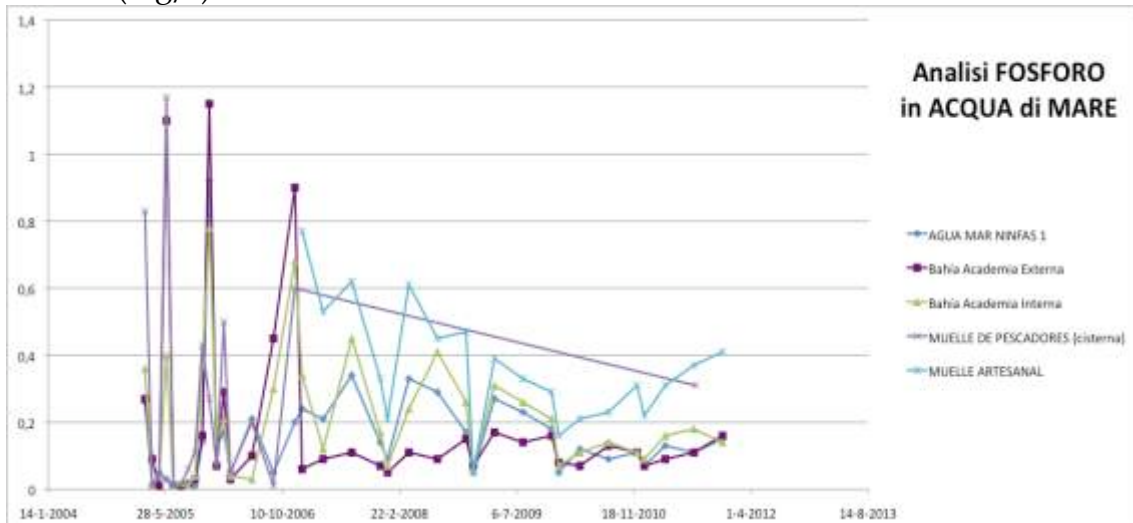
Fenoli (mg/l):



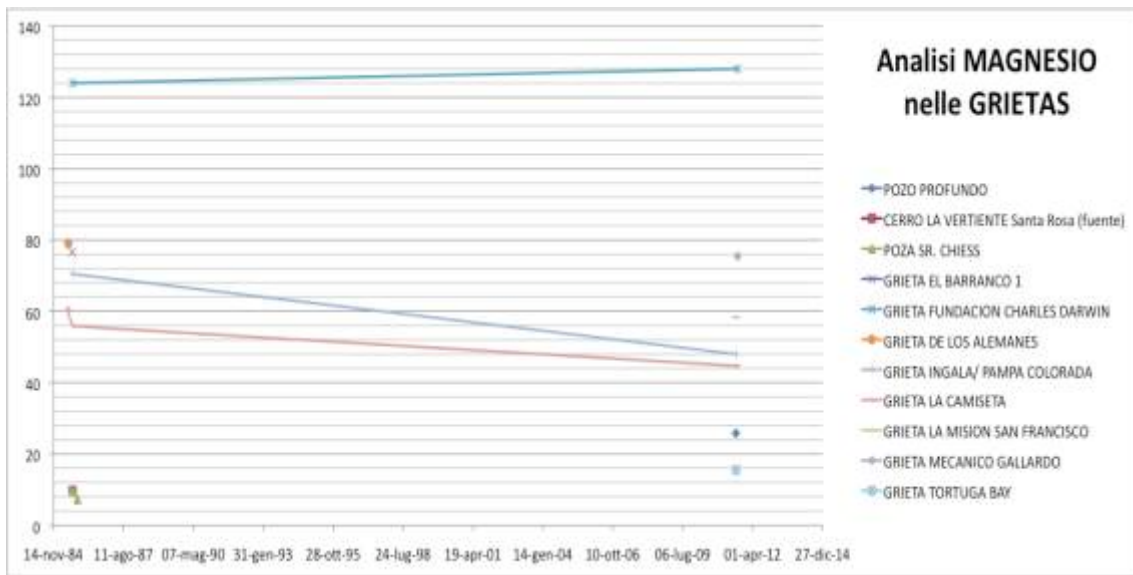
Fosforo (mg/l):



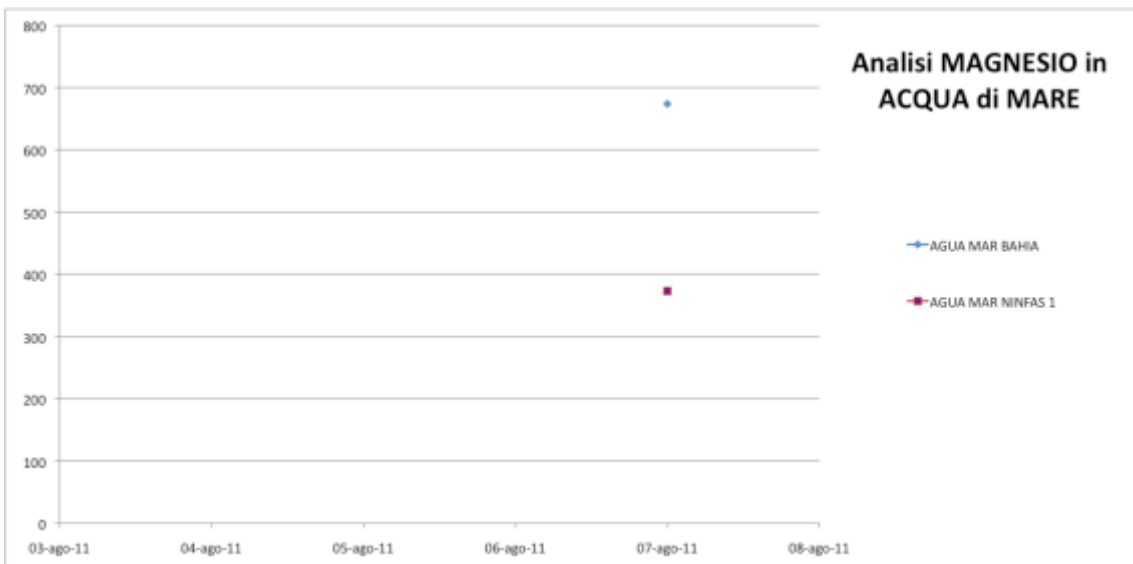
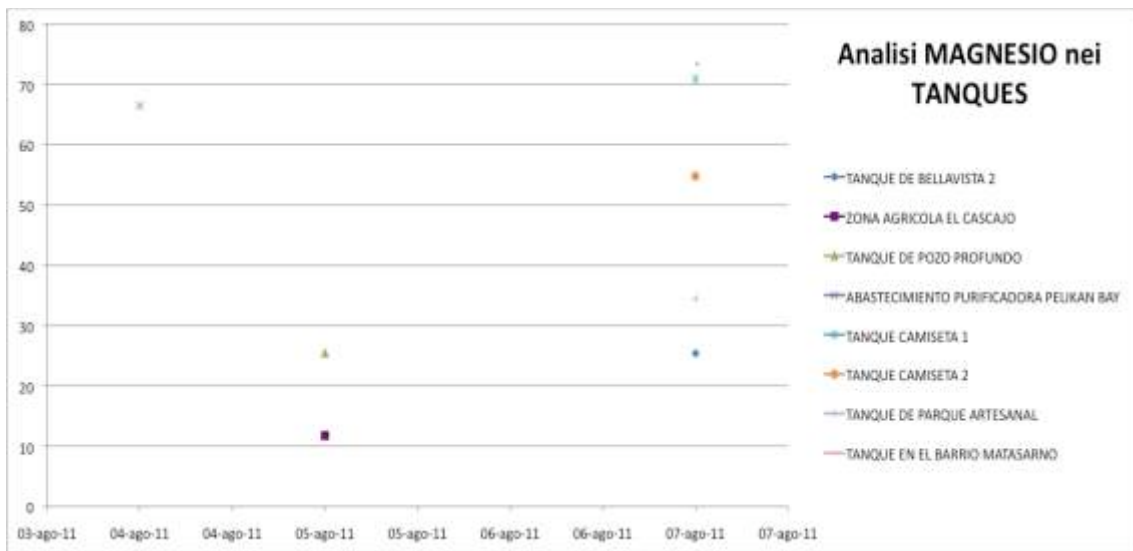
Fosforo (mg/l):



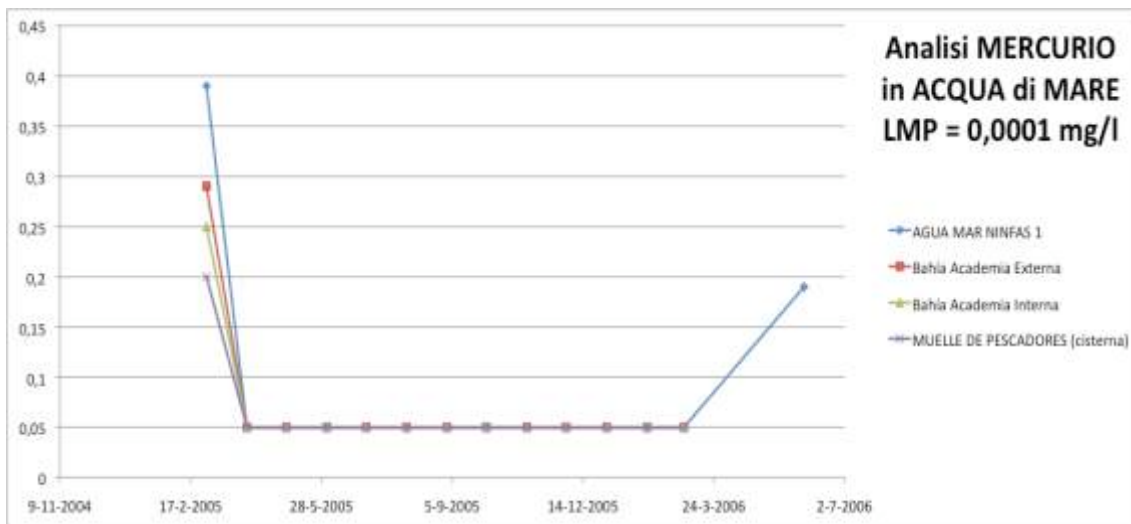
Magnesio (mg/l):



Magnesio (mg/l):



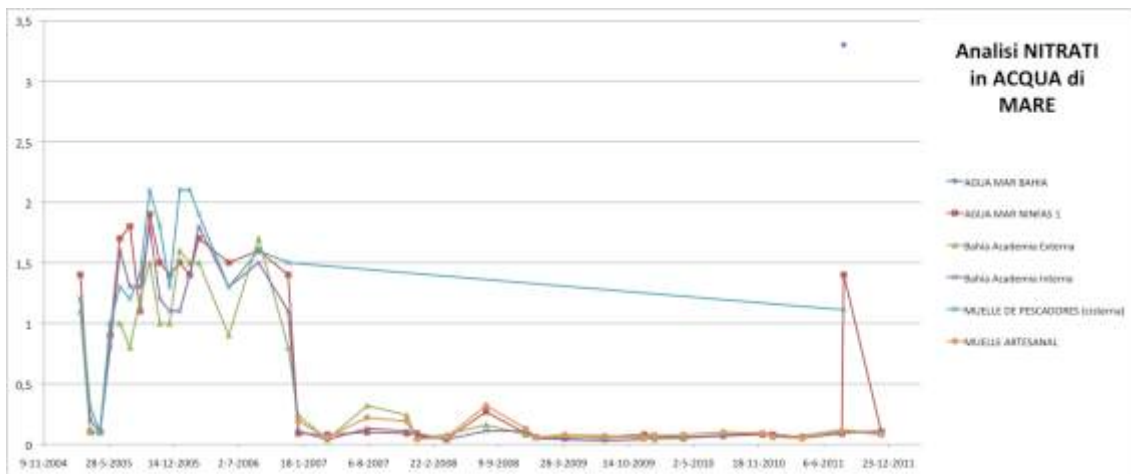
Mercurio (mg/l):



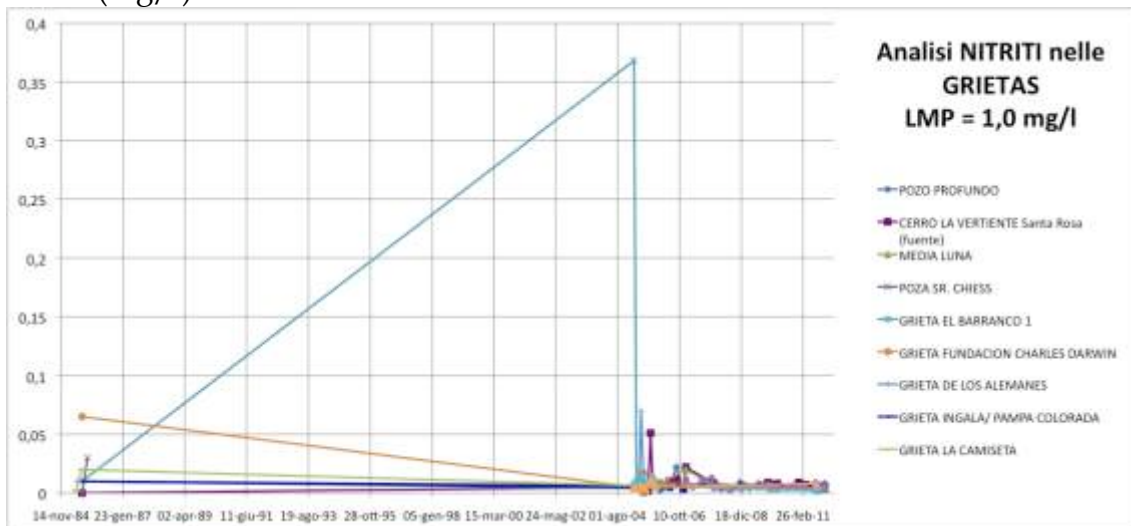
Nitrati (mg/l):

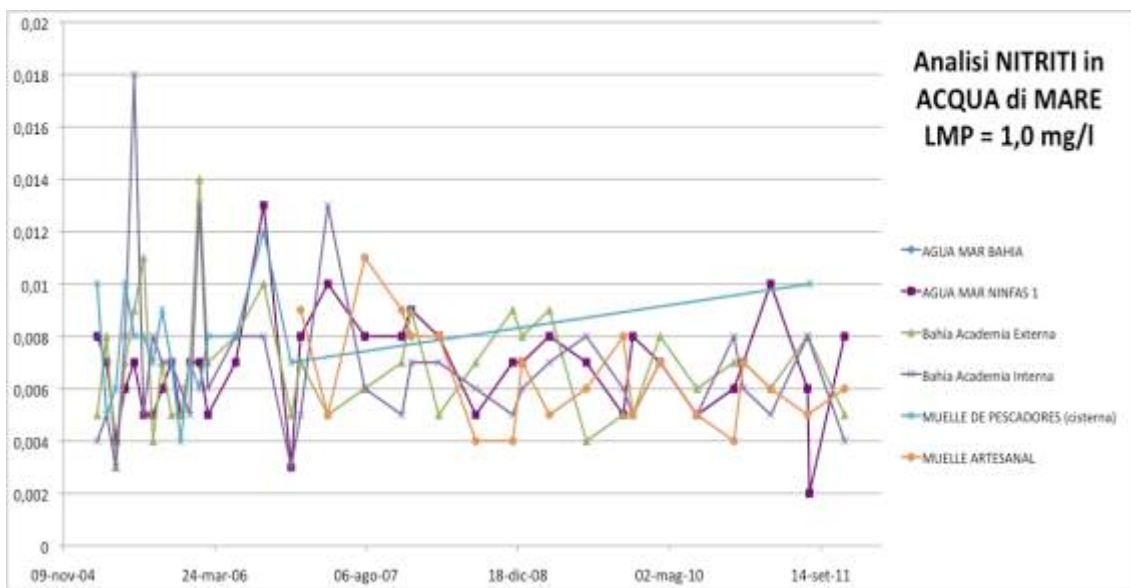
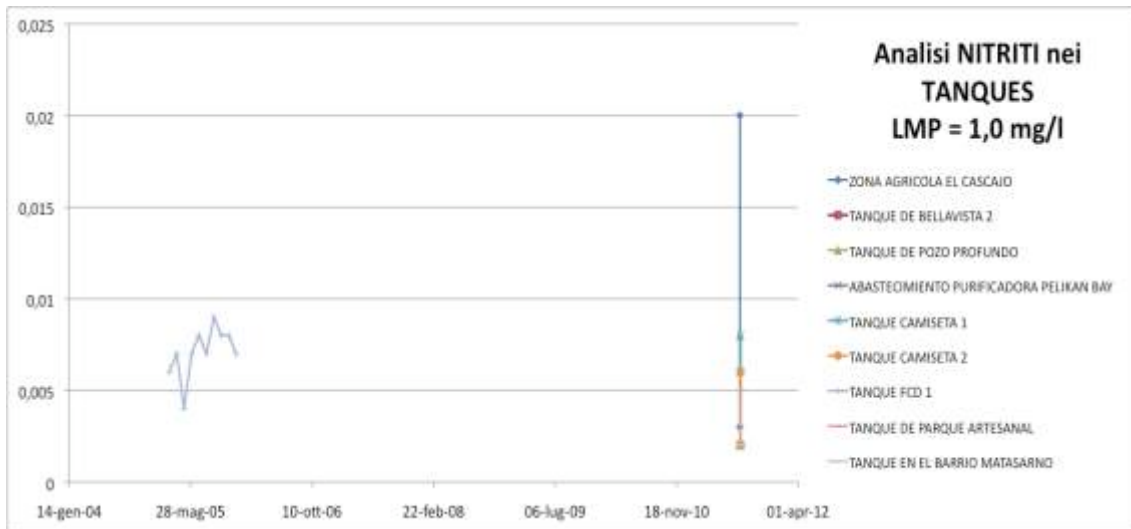


Nitrati (mg/l):



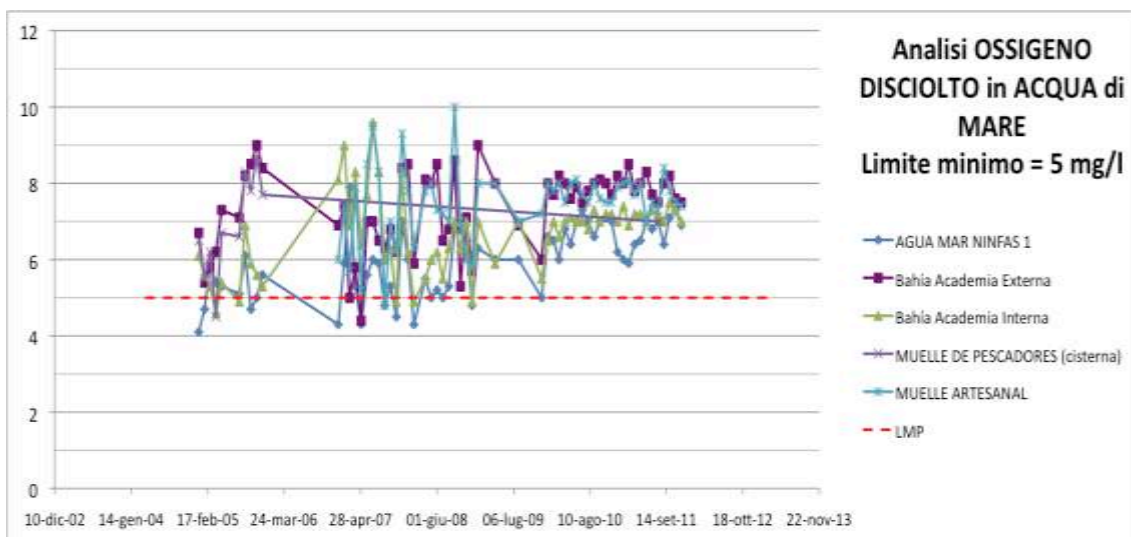
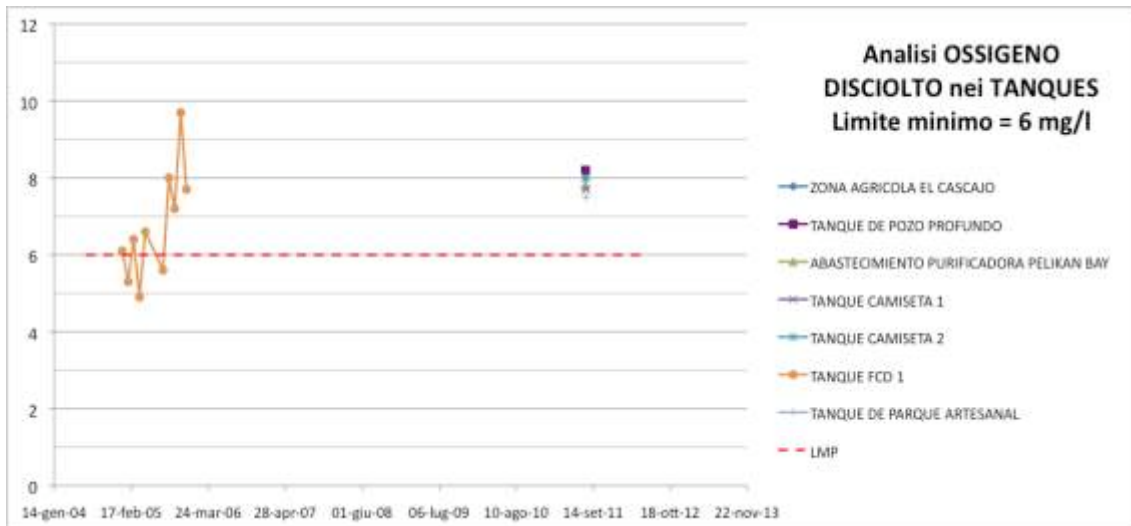
Nitriti (mg/l):



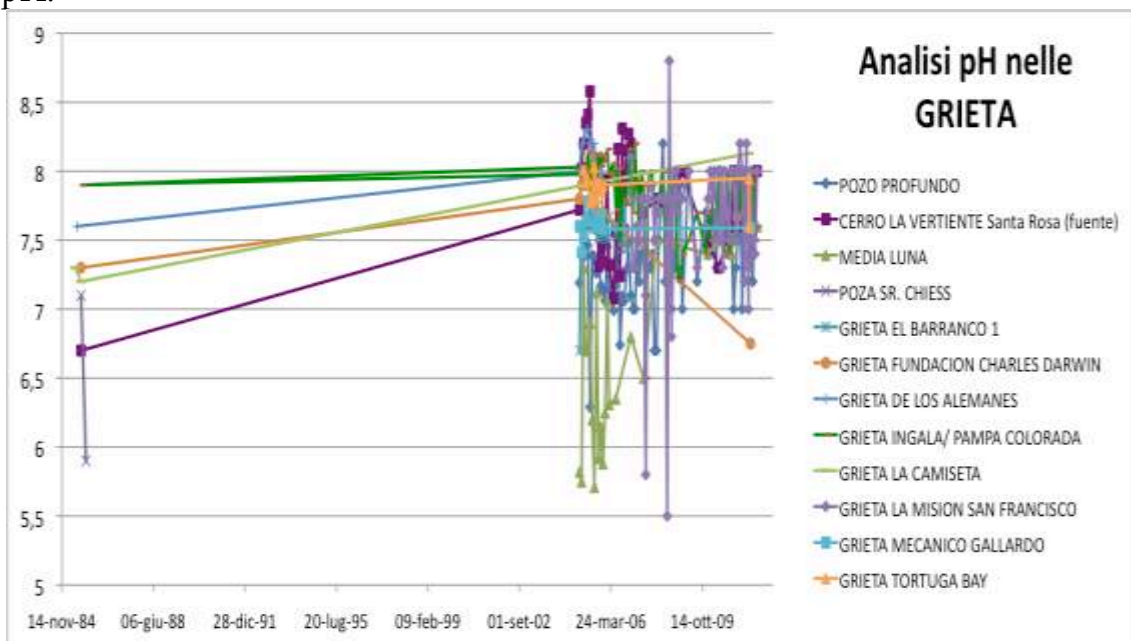


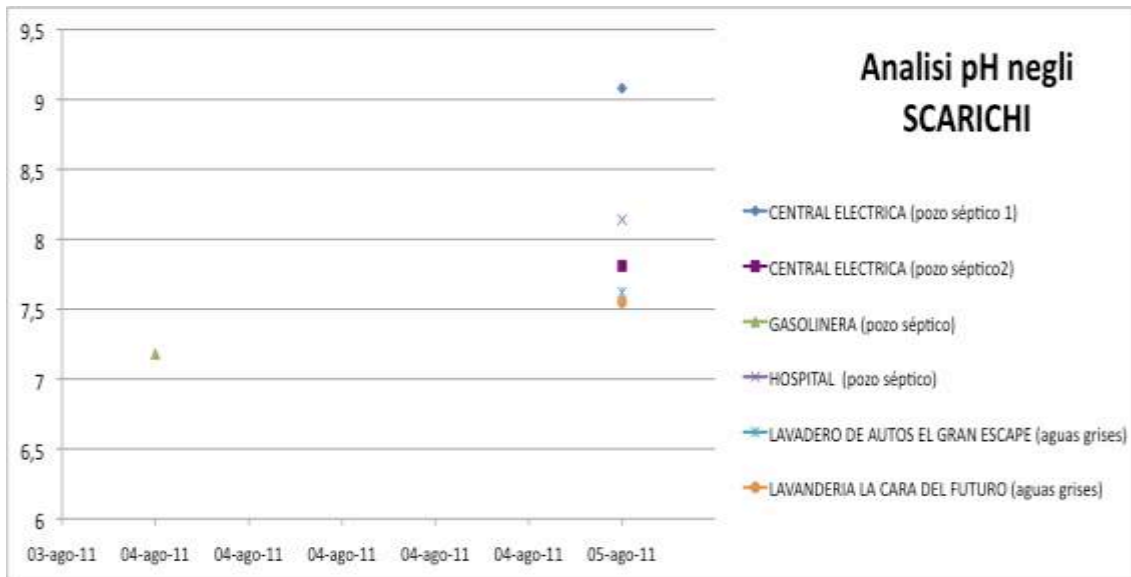
Ossigeno disciolto (mg/l):





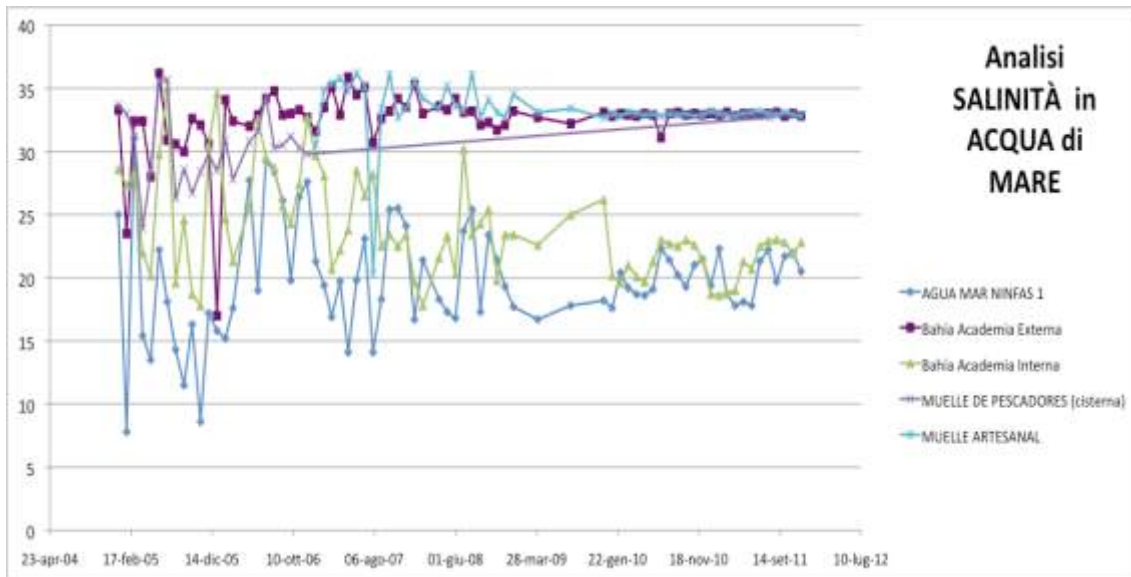
pH:



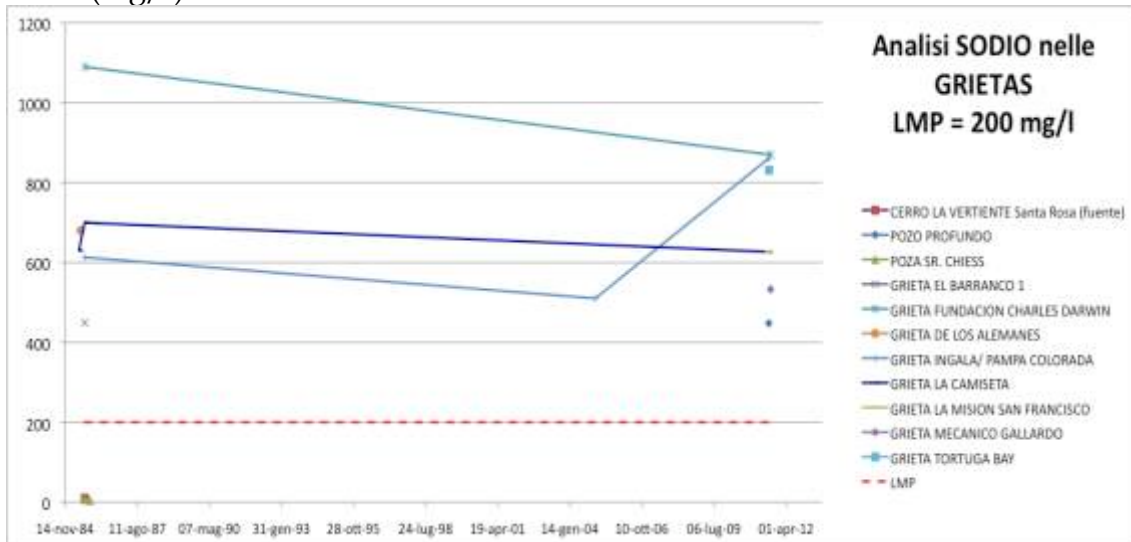


Salinità (g/l):

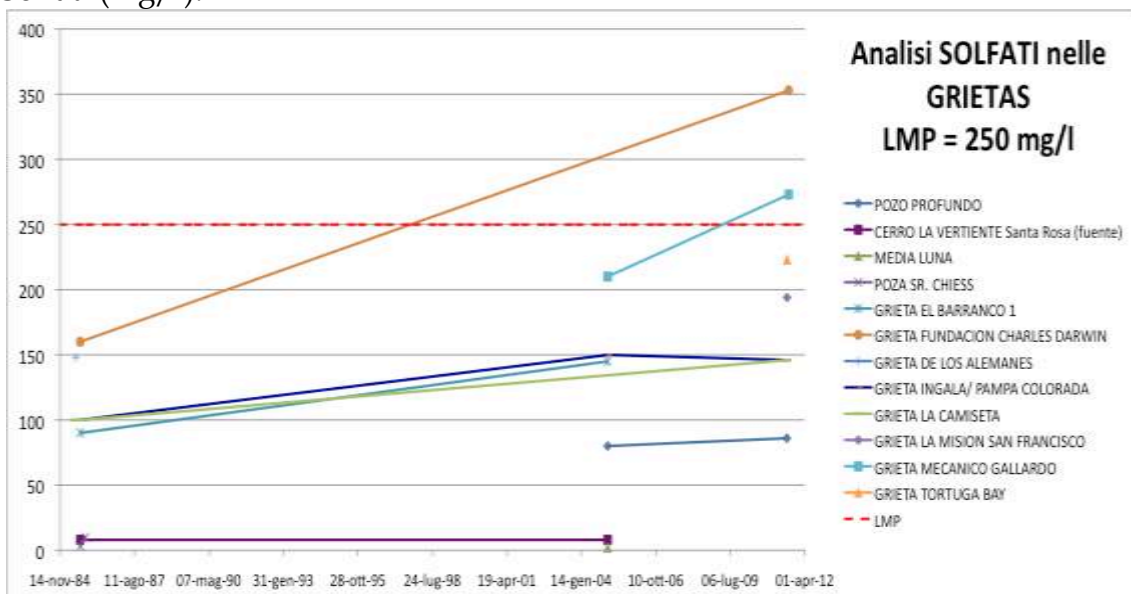




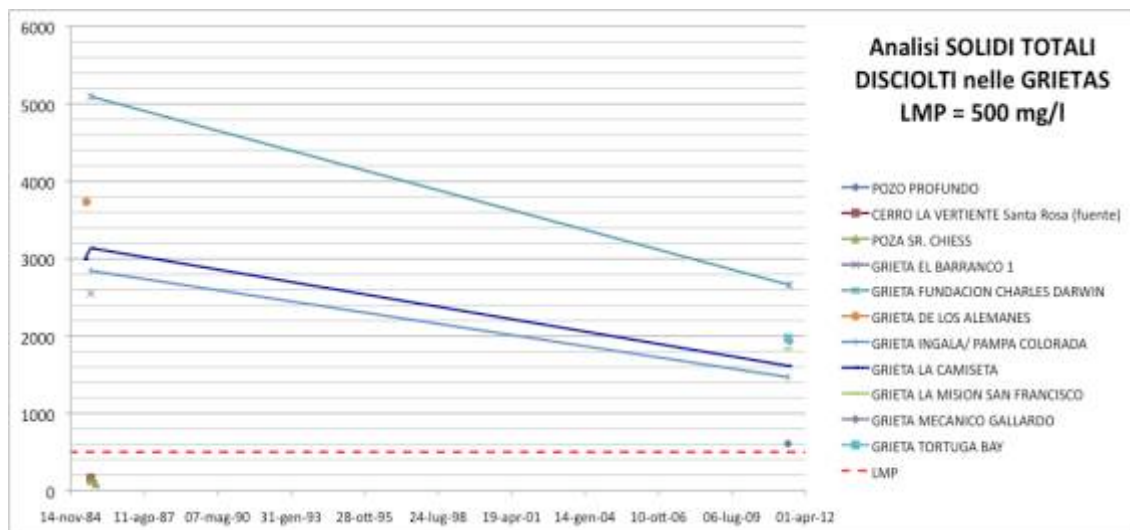
Sodio (mg/l):



Solfati (mg/l):

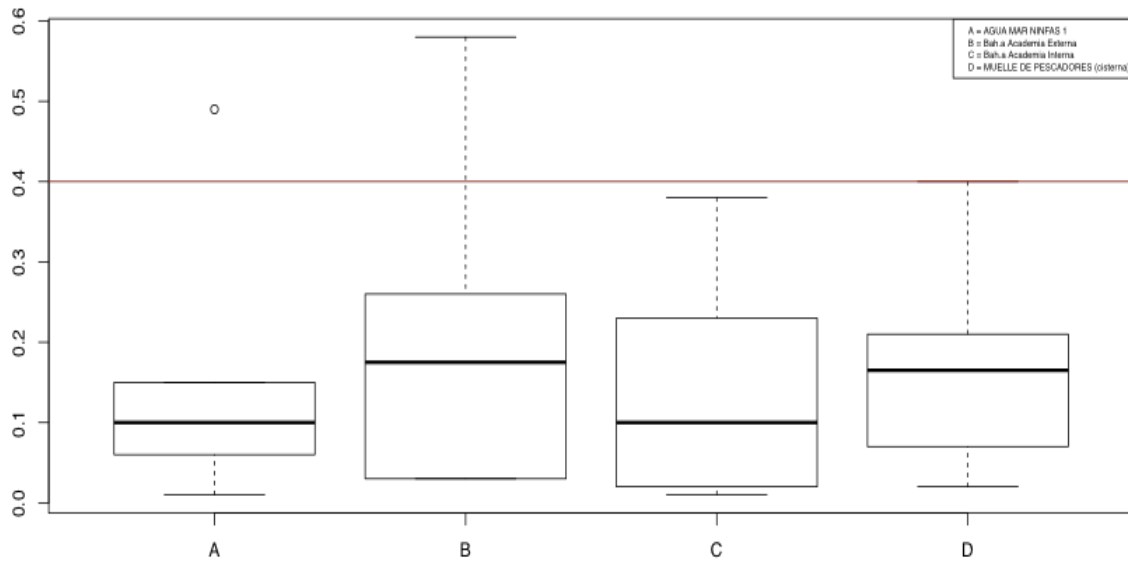


Solidi totali disciolti (mg/l):

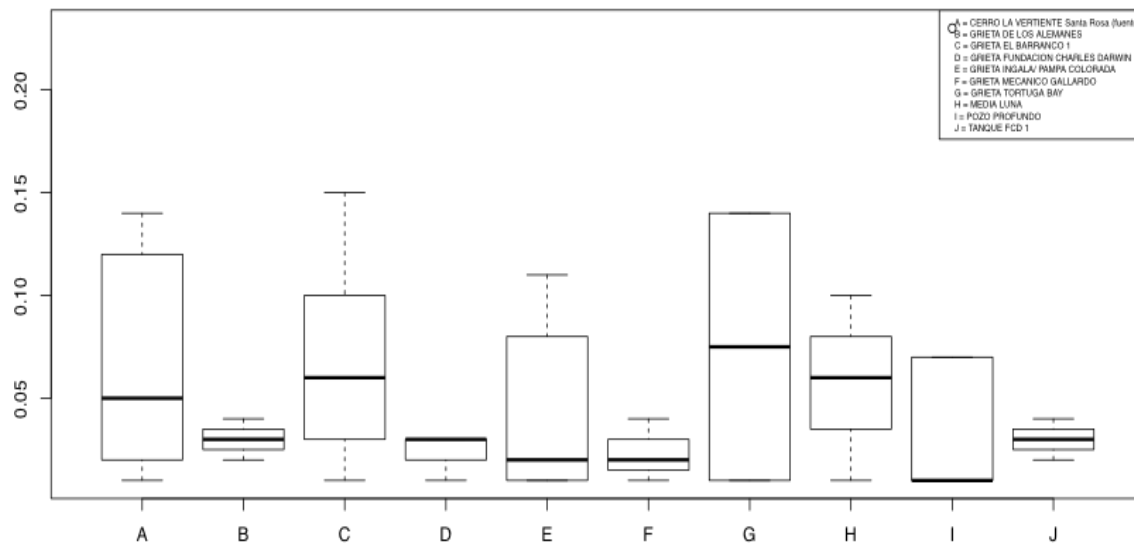


Allegato 7: Dispersione statistica

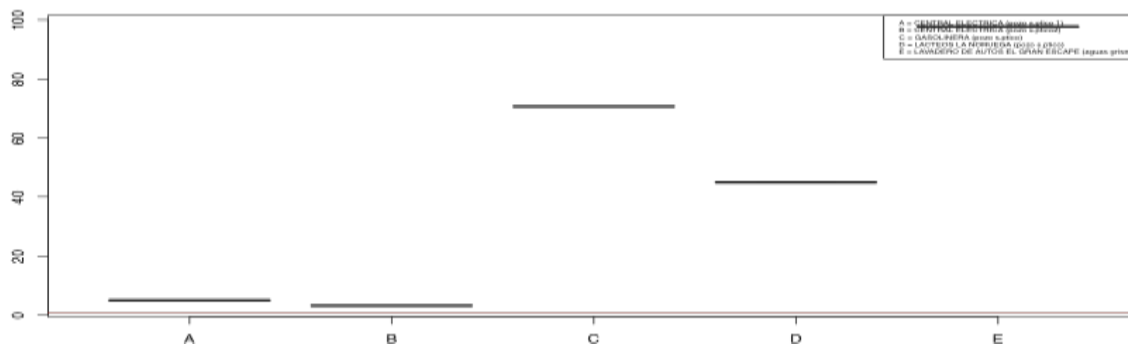
Ammonio (mg/l) misurato nei siti d'acqua marina:



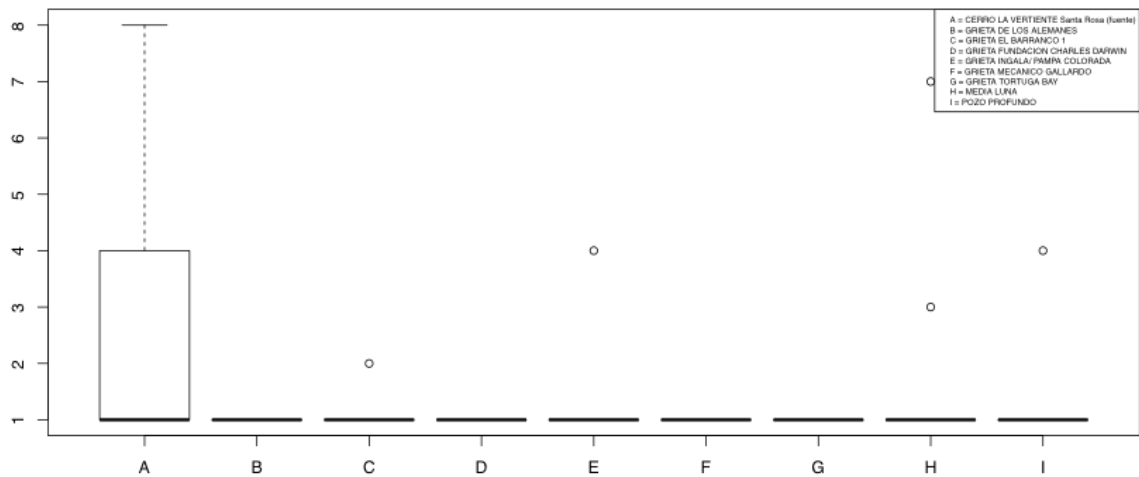
Ammonio (mg/l) misurato nelle grietas:



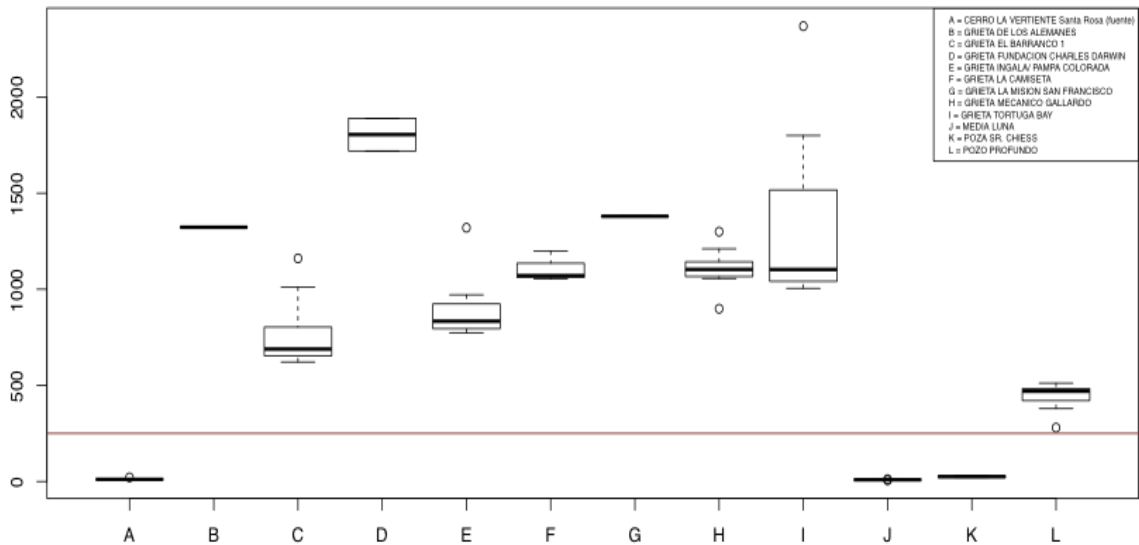
Oli e grassi (mg/l) misurati negli scarichi:



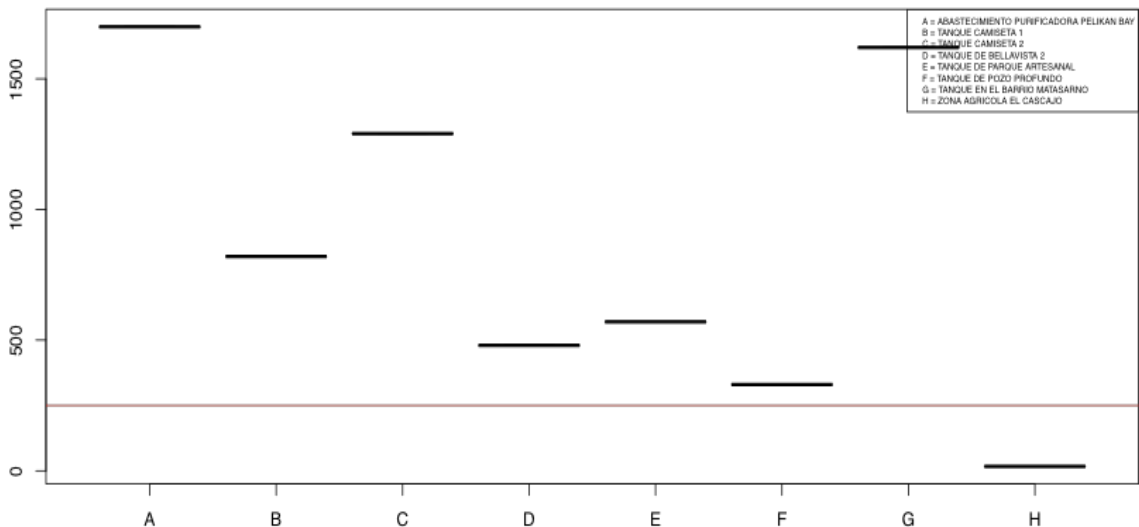
Oli e grassi (mg/l) misurati nelle *grietas*:



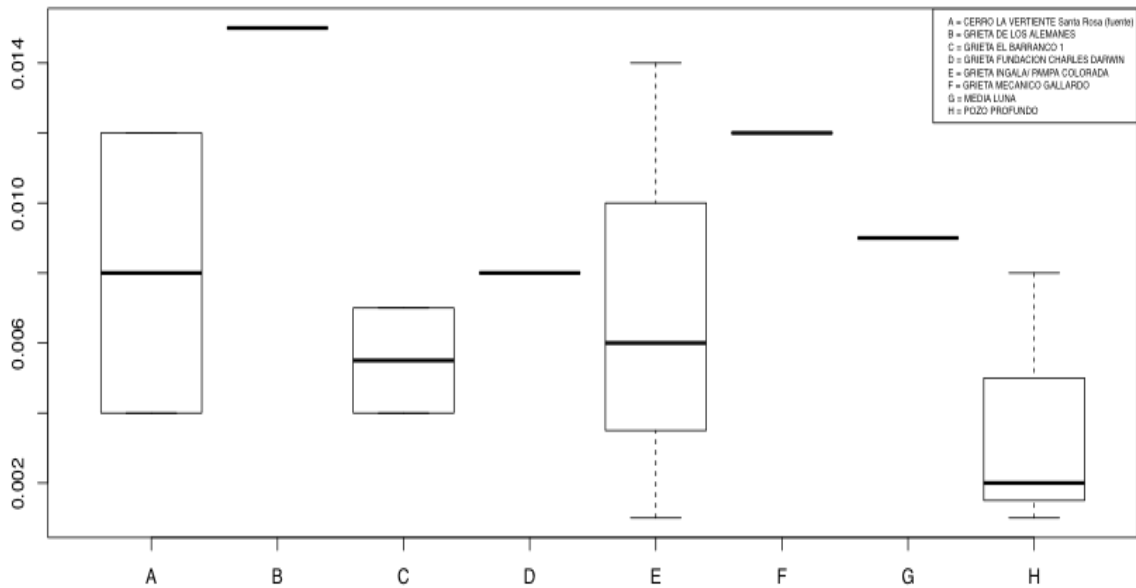
Cloruri (mg/l) misurati nelle *grietas*:



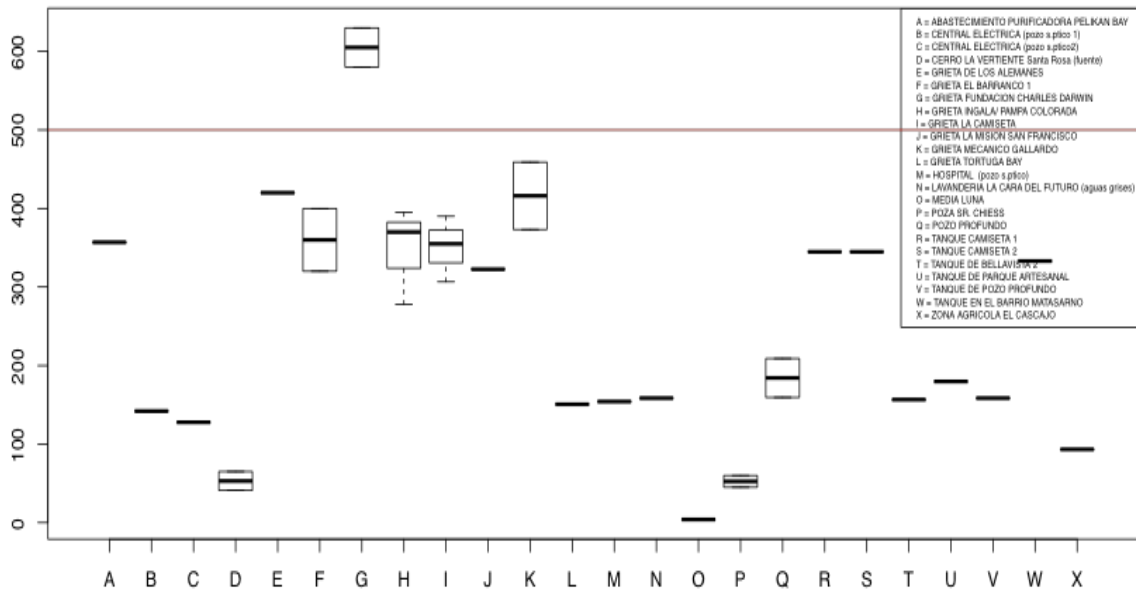
Cloruri (mg/l) misurati nei *tanques*:



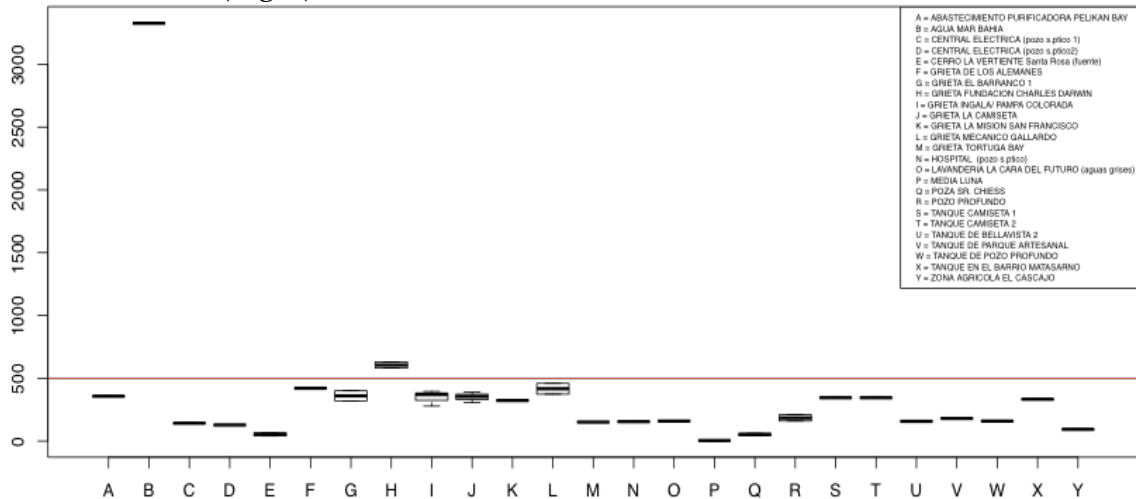
Tensioattivi (mg/l) misurati nelle *grietas*:



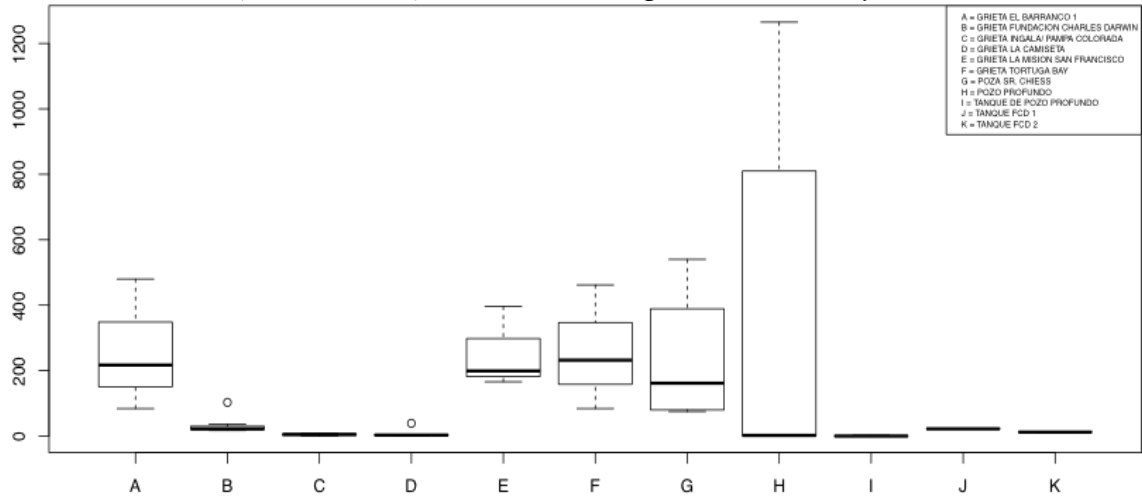
Durezza totale (mg/l) misurata nei punti d'acqua marina:



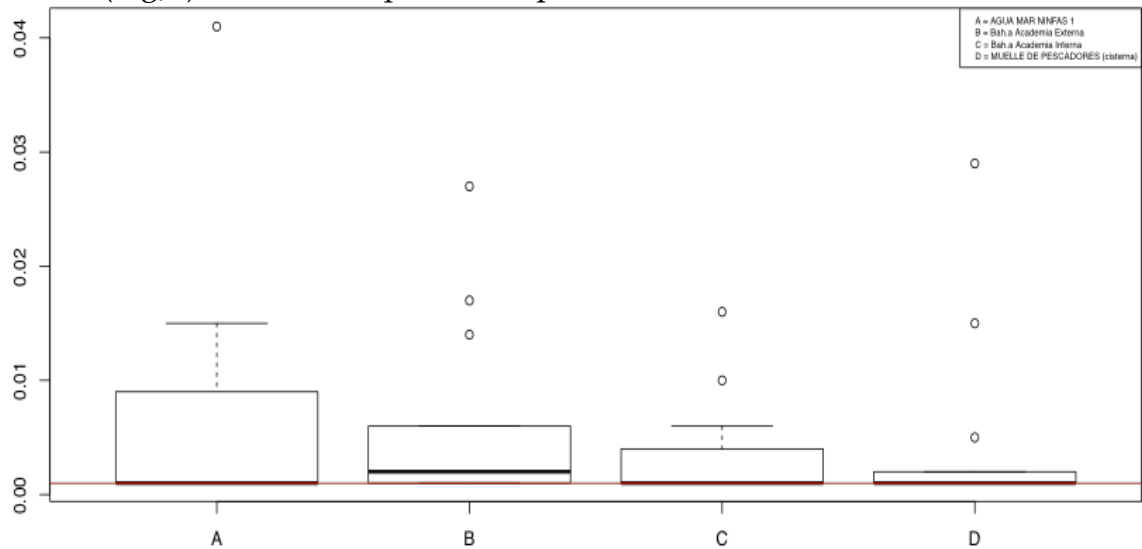
Durezza totale (mg/l):



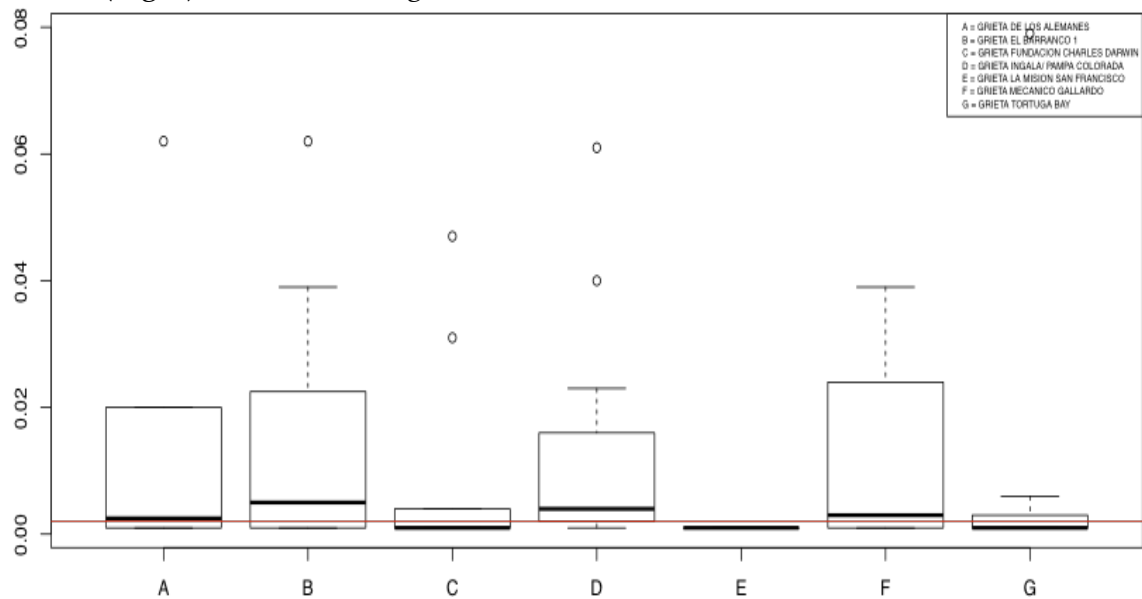
Escherichia coli (UFC/100ml) misurato nelle *grietas* e nei *tanques*:



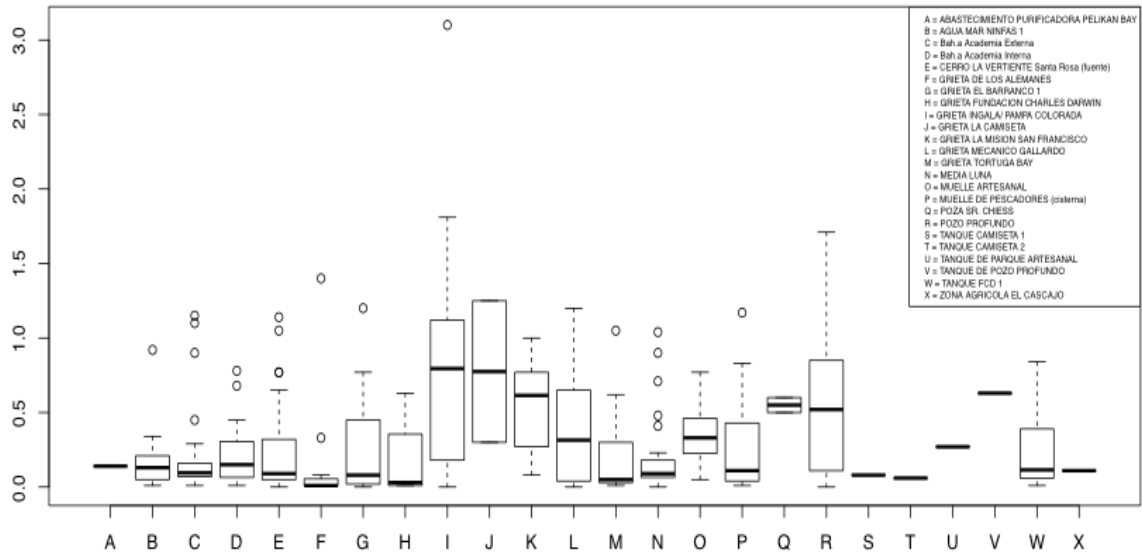
Fenoli (mg/l) misurati nei punti d'acqua marina:



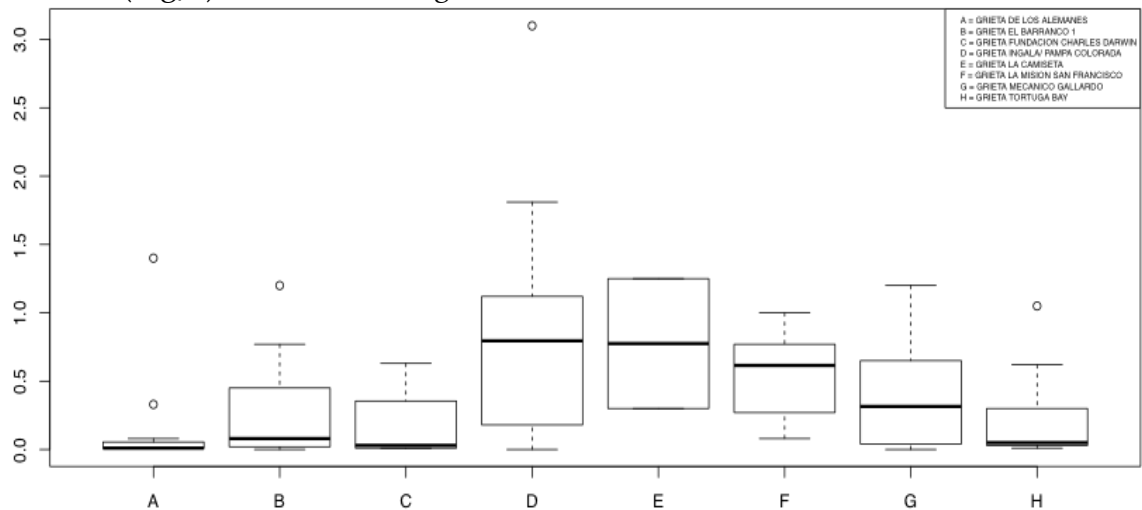
Fenoli (mg/l) misurati nelle *grietas*:



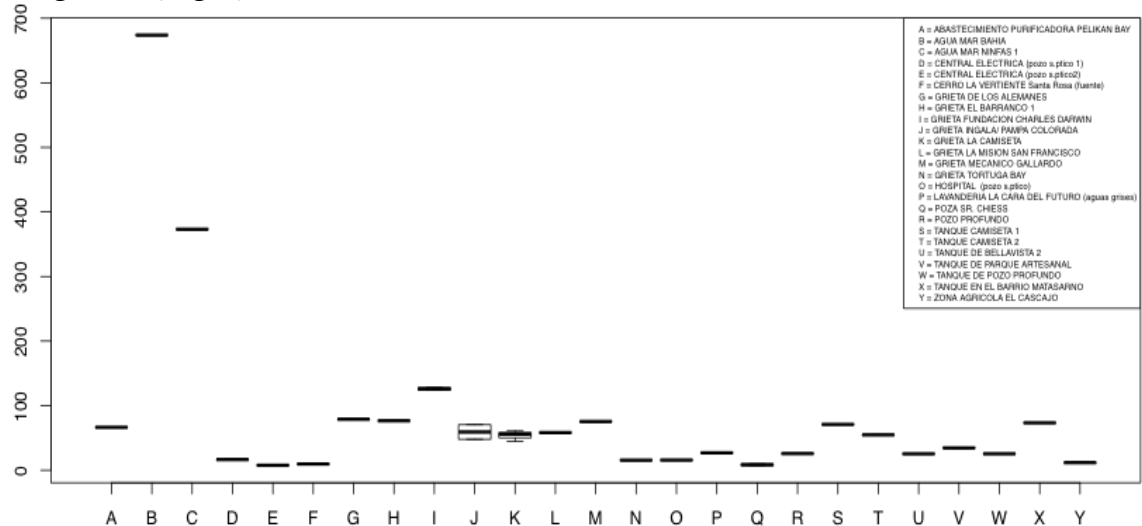
Fosforo (mg/l):



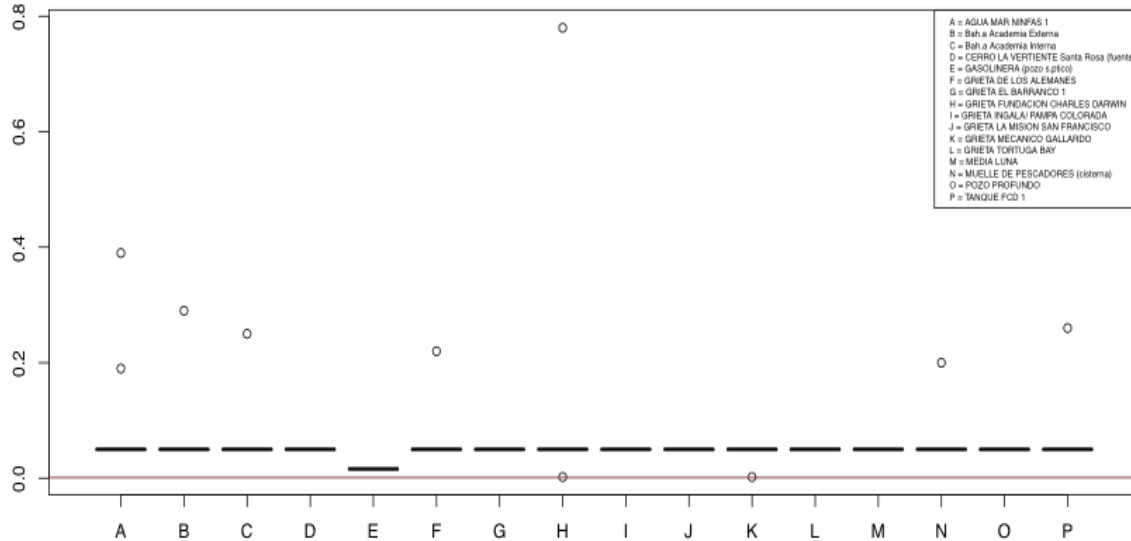
Fosforo (mg/l) misurato nelle grietas:



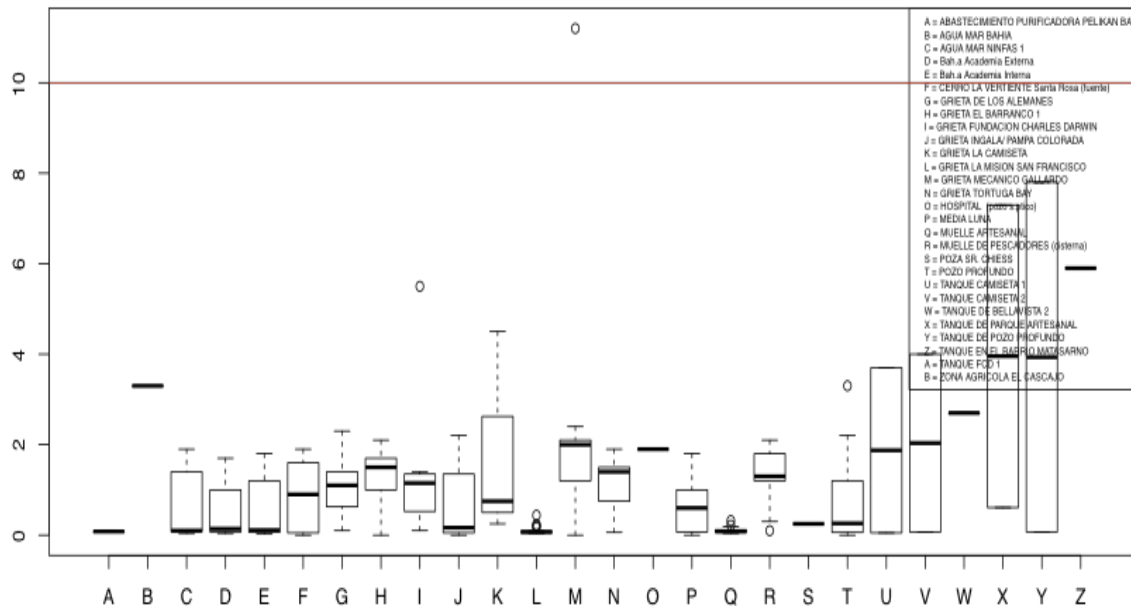
Magnesio (mg/l):



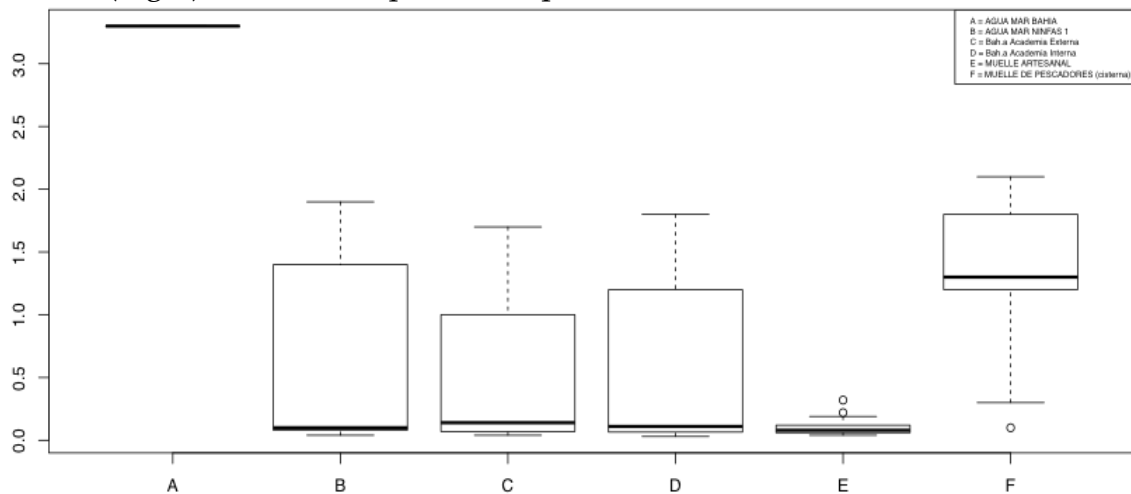
Mercurio (mg/l):



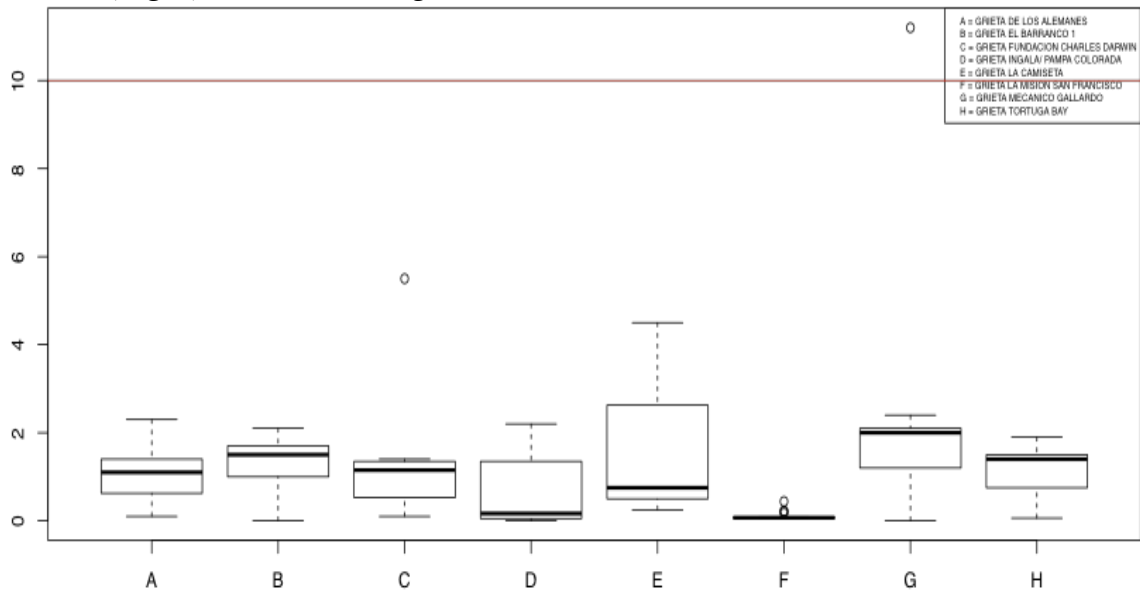
Nitrati (mg/l):



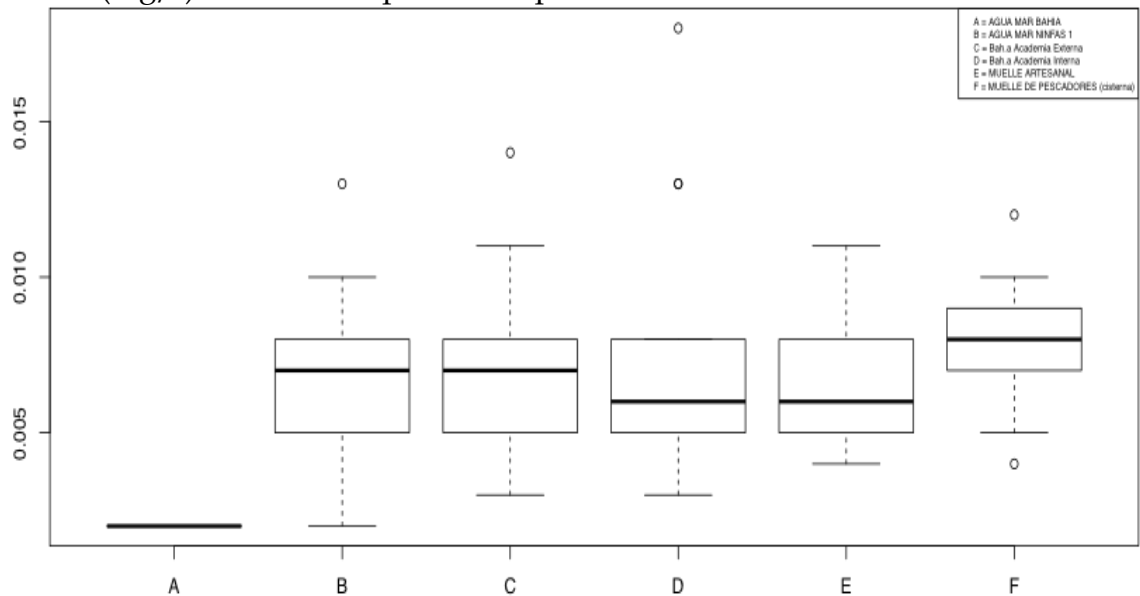
Nitrati (mg/l) misurati nei punti d'acqua marina:



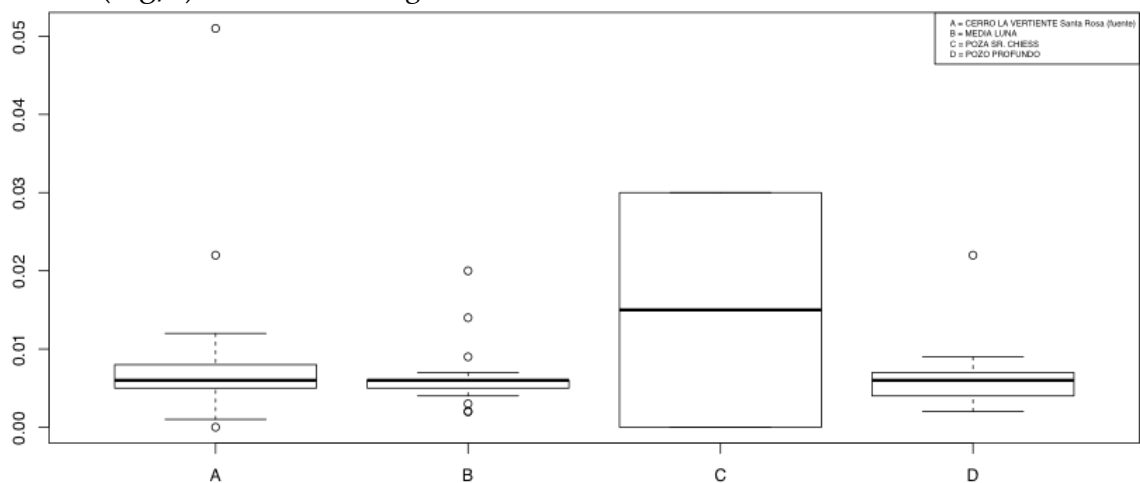
Nitrati (mg/l) misurati nelle *grietas*:



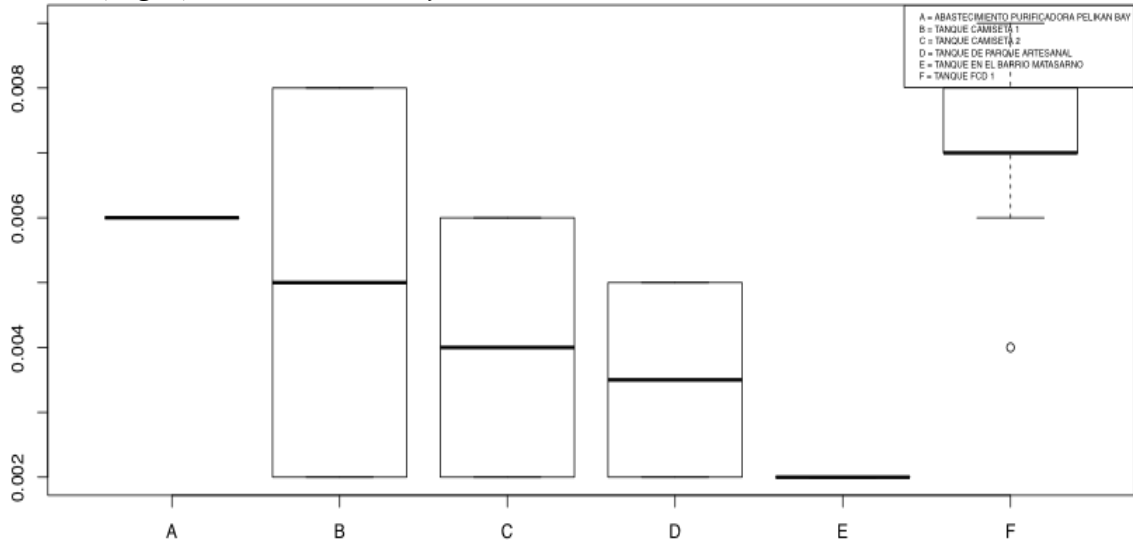
Nitriti (mg/l) misurati nei punti d'acqua marina:



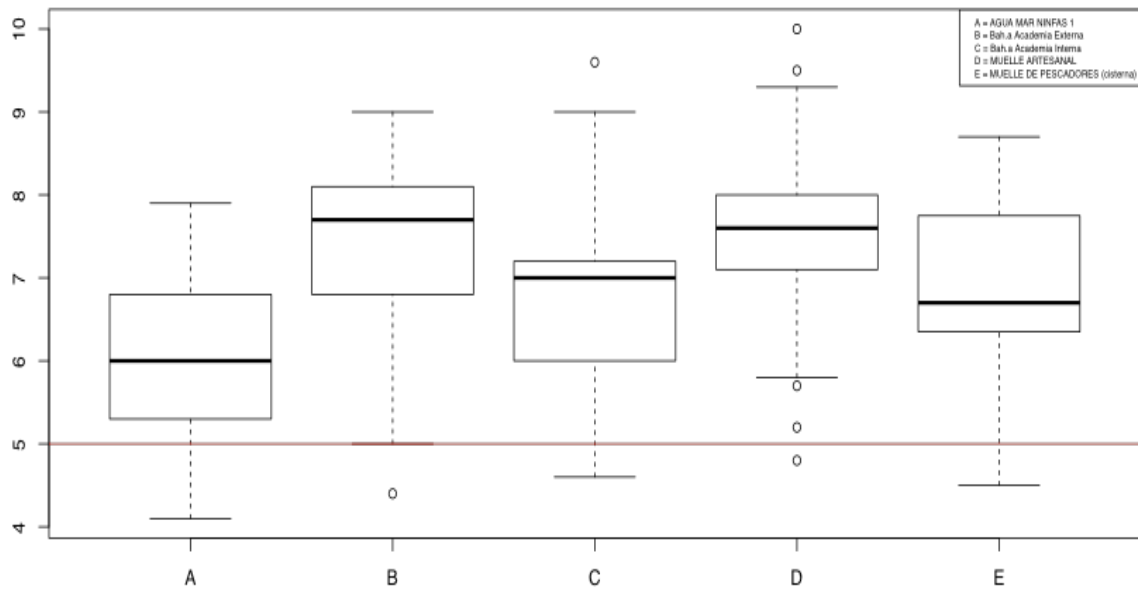
Nitriti (mg/l) misurati nelle *grietas*:



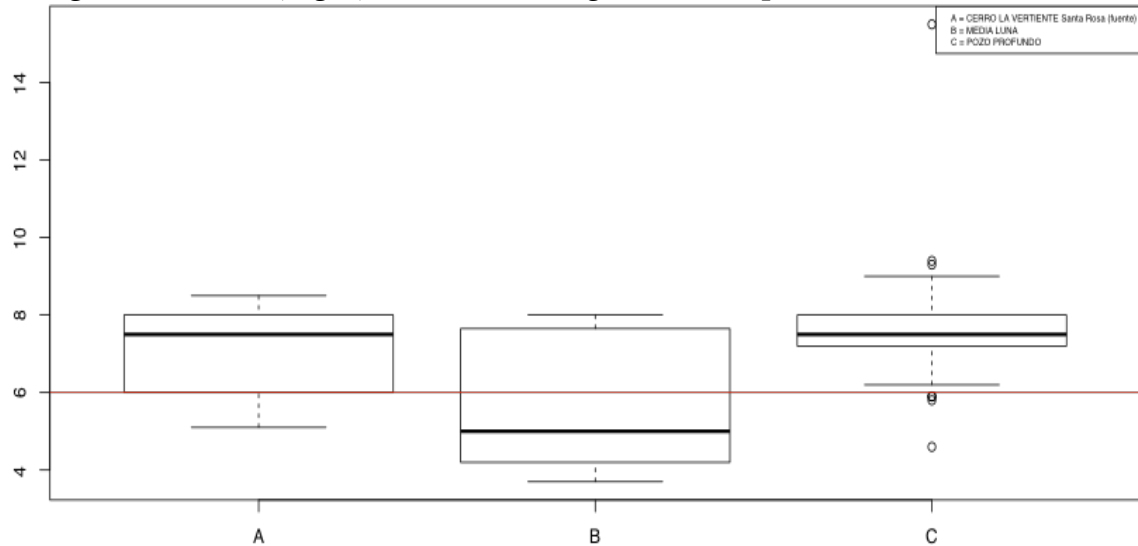
Nitriti (mg/l) misurati nei *tanques*:



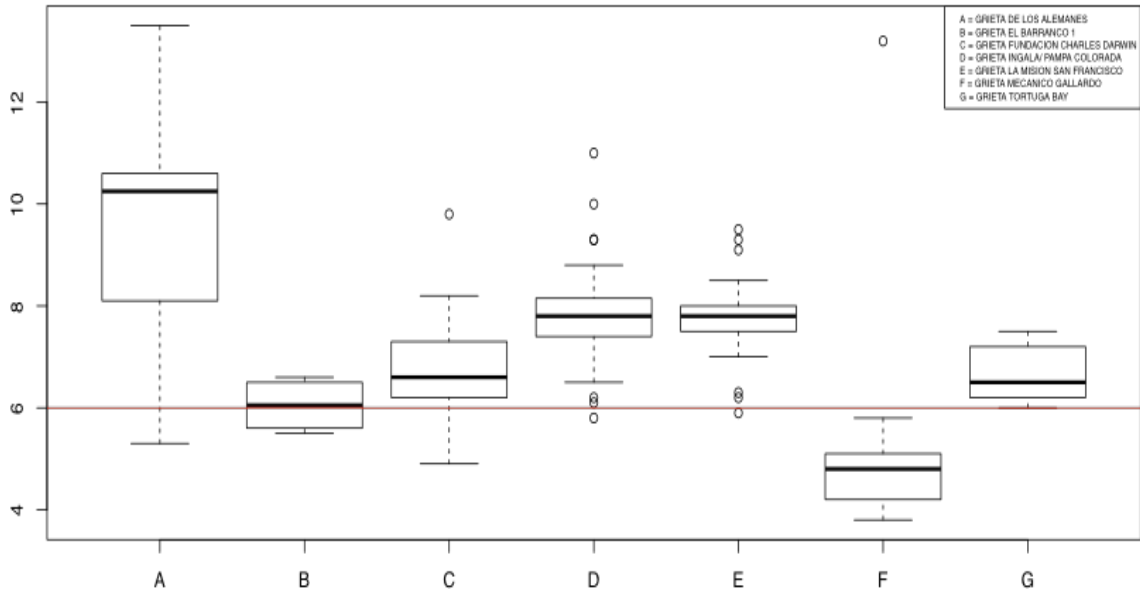
Ossigeno disciolto (mg/l) misurato nei punti d'acqua marina:



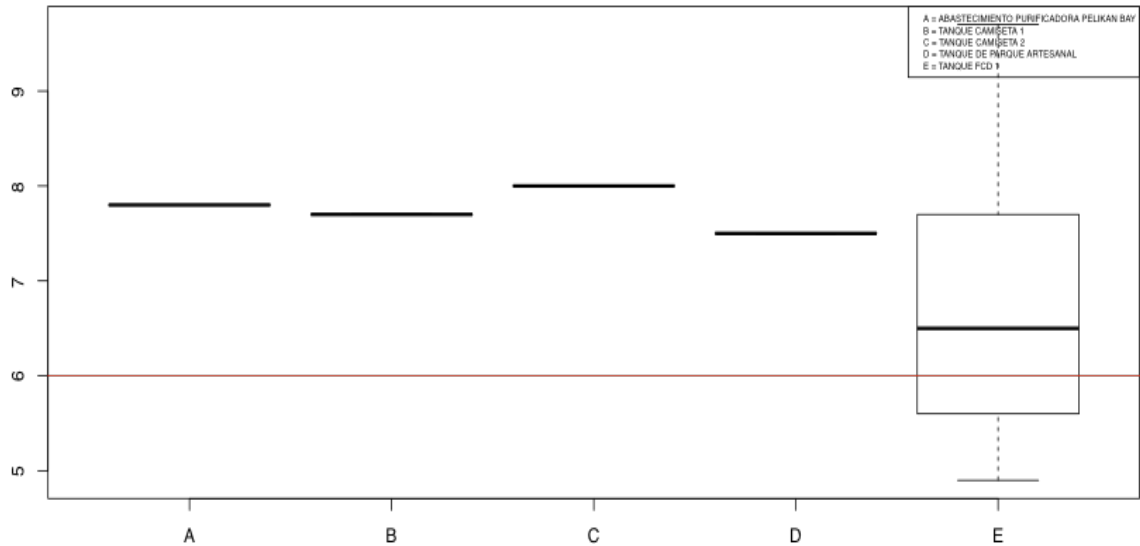
Ossigeno disciolto (mg/l) misurato nelle *grietas* della parte alta dell'isola:



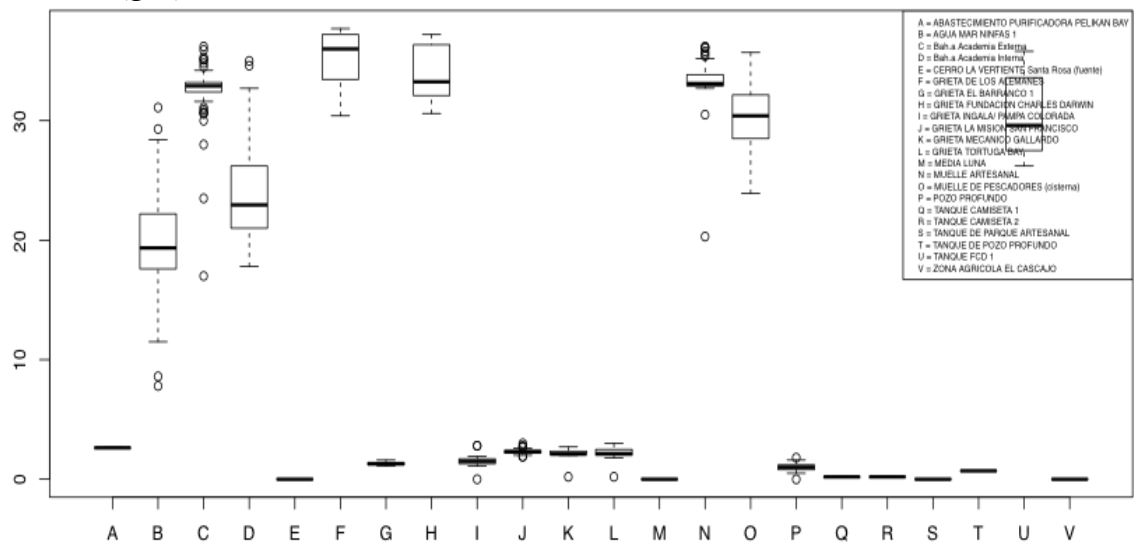
Ossigeno disciolto (mg/l) misurato nelle *grietas* della zona secca dell'isola:



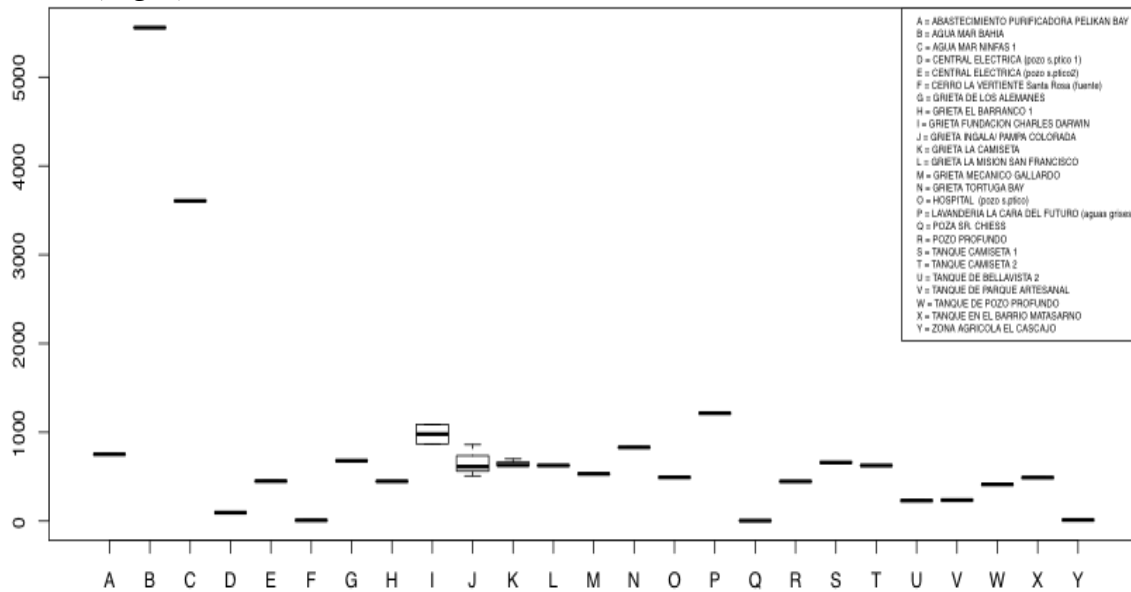
Ossigeno disciolto (mg/l) misurato nei *tanques* della zona secca dell'isola:



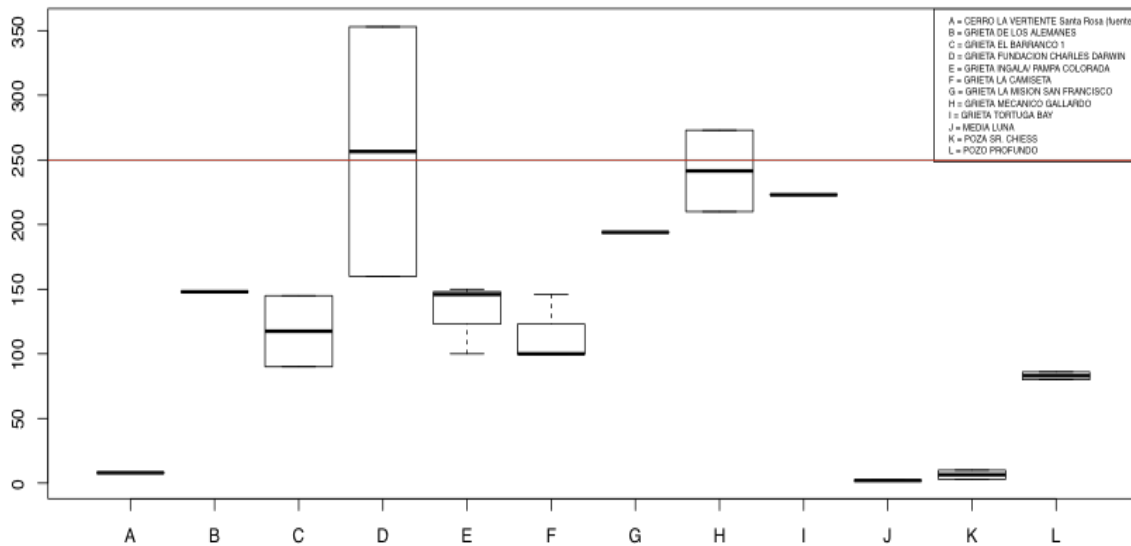
Salinità (g/l):



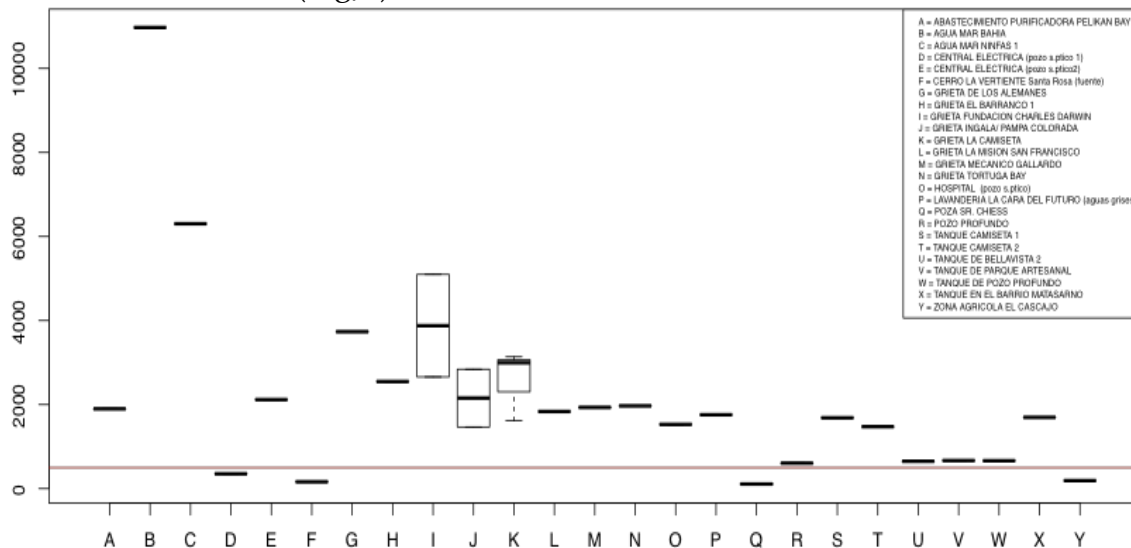
Sodio (mg/l):



Solfati (mg/l):



Solidi totali disciolti (mg/l):



BIBLIOGRAFIA

Agostini et al., *Indicators and endpoints for risk-based decision processes with decision support systems*, 2004.

Asamblea Constituyente, *Constitucion de la Republica del Ecuador*, 2008.

AQUASTAT, *Online database*, Roma, FAO, 2011.

Barbiero et al., *Valutazione dei carichi inquinanti potenziali per i principali bacini idrografici italiani: Adige, Arno, Po, Tevere*, Quaderno dell'IRSA n. 90, CNR, 1991.

Black et al., *Presentation for the child health epidemiology reference group of WHO and UNICEF*, 2010.

Blacksmith Institute, *World's worst pollution problems report*, New York, 2010.

Bocher e Neteler, *Geospatial free and Open Source Software in the 21th century: Proceedings of the first open source geospatial research symposium*, 2009.

Borrough, *Principles of geographical information systems for land resource assessment*, Claredon Press, 1986.

CEPAL, *Drinking water supply and sanitation services on the threshold of the XXI century*, Santiago, 2004.

CEPAL, *Social Panorama*, Santiago, 2009.

CEPAL, *Millennium Development Goals, Advances in environmentally sustainable development in Latin America and the Caribbean*, Santiago, 2010.

CEPAL, *Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean*, Santiago, 2010.

CEPAL, *Social Panorama*, Santiago, 2011.

Chimica-cannizzaro, *1030 – metodi di campionamento*, 2008.

Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture, *Water and food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*, Londra, 2007.

Comunidad Andina de Naciones, *El agua de los Andes: un recurso clave para el desarrollo e integracion de la region*, Lima, 2010.

Consultambiente, *Borrador del Estudio de Impacto Ambiental y Plan de Manejo Ambiental para el Proyecto de "Construcción y Operación Centro Integrado de Procesamiento Aviar" (CIPAVIAR) en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora (Ecuador)*, 2010.

Corcoran et al., *Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development*, 2010.

Corrales, *Gobernabilidad de los servicios de agua potable y saneamiento en America Latina*, 2004.

Corvaglia et al., *Il controllo e la validazione dei dati*, ARPA Emilia-Romagna, Rivista n. 6 novembre-dicembre 2008

Dalcanale et al., *A general framework for a collaborative water quality knowledge and information network*, 2011.

Densham, *Spatial decision support systems*, 1989.

Donoso e Melo, *Water Institutional Reform: its relationship with the institutional and macroeconomic environment*, Santiago, 2004.

Domínguez, *Análisis de la variabilidad y temporal de la trascolación de la Isla Santa Cruz*, (Tesi di ingegneria civile - ESPOL), Quito, 2011.

d'Ozouville, *Características hídricas de las Islas Galápagos: Experiencia de campo*, 2006.

d'Ozouville, *Manejo de recursos hídricos: caso de la cuenca de Pelican Bay*, INFORME GALÁPAGOS 2007-2008, 2008.

d'Ozouville e Merlen, *Agua Dulce o la supervivencia en Galápagos*. In P. Ospina and C. Falconí (Eds.), *Galápagos: Migraciones, economía, cultura, conflictos y acuerdos*. Biblioteca de Ciencias Sociales, 57. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador; Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (pp. 297 - 313). Corporación Editora Nacional, Quito, 2007

d'Ozouville et al., *DEM generation using ASAR (ENVISAT) for addressing the lack of freshwater ecosystems management, Santa Cruz Island, Galápagos*. *Remote Sensing of Environment*, 2008, 112:4131-4147.

d'Ozouville et al., *Extensive perched aquifer and structural implications revealed by 3D resistivity mapping in a Galápagos volcano*, *Earth and Planetary Science Letters* 269 (2008) 517-521.

d'Ozouville, *Étude du fonctionnement hydrologique dans les Iles Galápagos: caractérisation d'un milieu volcanique insulaire et préalable á la gestion de la ressource*, Université Paris 6 Pierre et Marie Curie, 2008.

Elmasri e Navathe, *Fundamentals of Database System*, Sixth Edition, Addison-Wesley, Pearson, 2011.

EPA, *Parameters of water quality - interpretation and standards*, Environmental Protection Agency, Irlanda, 2001.

Ercoli et al., *Acque reflue dei caseifici*, 81-100, Utilizzazione agronomica dei reflui agro-alimentari, ETS, 2008.

Errera, Comunicazione personale, 2012.

ESPOL, *Informe de la consultoria identificar las fuentes de contaminacion en agua, aire y suelo en el Canton Santa Cruz y elaborar sus planes de manejo ambiental*, Guayaquil (Ecuador), 2011.

ESRI, *ArcGIS 9, What is ArcGIS 9.3?*, USA, 2008

EUROSTAT, *Online database*, Bruxelles, CE, 2011.

FASBASE, *Comunicacion personal con el Ing. Encalada, Ing. Castanier e Ing. Cabezas*, Quito, 1997.

Feoli, *Report on: Manual describing the SDSS structure and its use for on line training courses*, 2008.

Feoli e Zuccarello, *Spatial pattern of ecological processes: the role of similarity in GIS applications for landscape analysis*. 1996.

Furieri, *Spatial DBMS: SQLite, SpatiaLite e RasterLite, GIS Open Source*, Dario Flaccovio Editore, 2012.

GADMSC, *AMANZANADA*, 2012 (CD).

GADMSC, *SIG-Tierras CD1*, 2012 (CD).

GADMSC, *Intervista di Wacho Tapia*, 2010.

Gatchett, *Introduction, Decisions support systems for risk-based management of contaminated sites*, Springer, 2009.

Geoffrion, *Can OR/MS evolve fast enough?*, 1983.

Graci e Sedazzari, *Introduzione ai sistemi informativi geografici, GIS e Ambiente: guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, dario Flaccovio Editore, 2008.

Guyot-Tephany, *Perceptions, Usages et Gestion de l'Eau a Santa Cruz, Galápagos, Equateur*, Université de Metz Paul Verlaine.ì, Unpublished thesis, 2010:1-130.

GWP-TAC, *Integrated Water Resources Management*, 2000.

GWP-SAMTAC, *La gobernabilidad de la gestione del agua en el Ecuador*, 2003.

Haettenschwiler, *Neues anwenderfreundliches konzept der entscheidungsunterstützung*, Zurigo, 1999.

Hewitt, *The Karakoram anomaly? Glacier expansion abd the "elevation effect*, 2005.

- IGRAC, *Global groundwater information system*, 2010.
- INEC-CGREG, *Encuesta de condiciones de vida Galápagos, 2009-2010*, ottobre 2010, Quito (Ecuador)
- IPCC, *Fourth Assessment Report*, Ginevra, 2007.
- Kuhn, *Introduction to Spatial Data Infrastructures*, 2005.
- Lentini, *Servicios de agua potable y saneamiento: lecciones de experiencias relevantes*, 2008.
- Ley de Agua, Codificación 16, Registro Ufficiale 339 del 20 maggio 2004.
- Ley de Gestion Ambiental, Codificación 19, Registro Ufficiale Supplemento 418 del 10 settembre 2004.
- Liu, *Informe de trabajo, Investigación de la Calidad Bacteriológica del Agua y de las Enfermedades Relacionadas al Agua en la Isla Santa Cruz – Galápagos, Puerto Ayora (Ecuador)*, 2011.
- MAE, *Estrategia Ambiental para el Desarrollo Sostenible del Ecuador*, Quito (Ecuador), 1999.
- MAE, *Políticas y Plan Estratégico del Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador 2007 - 2016. Proyecto GEF: Sistema Nacional de Áreas Protegidas*, Quito (Ecuador), 2006.
- MAE and Punto Verde, *Manual para la Gestion Operativa de las Áreas Protegidas de Ecuador*, Quito, 2013.
- MAGAP, *Comunicazione orale*, 2012.
- Margat, *Les eaux souterraines dans le monde*, Parigi, 2008.
- Ministerio de Recursos Naturales y Energetico, 1983.
- Miranda and Sauer, *Mine the gap: connecting water risks and disclosure in the mining sector*, Washington, 2010.
- Ortiz, *Contamination of Aquifers in Santa Cruz*, Londra, 2006.
- Patterson, *Case for integrating groundwater and surface water management*, 2009.
- Phillips et al., *The transcend-TB3 project: a methodology for the transboundary waters opportunity analysis*, 2008.
- PNG, *Visitante hospedaje_Hotel 2011.xls*
- PNG, *Visitante hospedaje_Hotel 2012.xls*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2005*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2006*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2007*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2008*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2009*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2010*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2011*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2005*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2006*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2007*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2008*

PNG e JICA, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2009*

PNG e MAE, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en la Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2010*

PNG e MAE, *Informe anual: Monitoreo de Calidad del Agua en la zona costera de Bahía Academia en Isla Santa Cruz, Puerto Ayora, 2011*

PNG e MAE, *Informe anual de visitantes que ingresaron a las áreas protegidas de Galápagos, 2013.*

Power, *Decision support systems: concepts and resources for managers*, Quorum Books, 2002.

Presidencia de la Republica, *Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: recurso agua, Libro VI, anexo 1, 2004.*

- PUCP, *Climatic changes website*, Lima, 2008.
- Rob e Coronel, *Database Systems: Design, Implementation, and Management, Course Technology*, 20 dicembre 2007, pp. 580.
- Rueda et al., *Monitoreo de Calidad del Agua en la Isla Santa Cruz*, 2006.
- Saaty, *The Analytical Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York, 1980.
- Saaty, *Decision Making for Leaders*, RWS Publications, Pittsburgh, 1999.
- Salas et al., *Feasibility study for water resources development in the Conta and Mashcon rivers*, Perù, 2008.
- Sarango, *Resumen Ejecutivo De Alternativas para Dotar de Agua Potable a Puerto Ayora, Urbanizacion "El Mirador" Y El Barrio "Punta Estrada"*, 2010.
- Sedazzari, *Utilizzo dell'interfaccia, GIS e Ambiente: guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, dario Flaccovio Editore, 2008a.
- Sedazzari, *Utilizzo di ArcCatalog per la gestione dei dati geografici, GIS e Ambiente: guida all'uso di ArcGIS per l'analisi del territorio e la valutazione ambientale*, dario Flaccovio Editore, 2008b.
- SELA, *Desarrollo productivo e industrializacion en America Latina y el Caribe*, Caracas, 2012.
- SETECI, *Informe de Cooperacion Internacional Non Reembolsable en el Ecuador 2010-2011*, Quito, 2011.
- Shim et al., *Past present and future of decision support technology*, 2002.
- Siebert et al., *Groundwater use for irrigation – a global inventory*, 2010.
- Sol et al., *Expert systems and artificial intelligence in decision support systems: proceedings of the Second Mini Euroconference, Lunteren, The Netherlands*, Springer, 1987.
- Sprague e Carlson, *Building effective decision support systems*, Englewood Cliffs, NJ Prentice-Hall, 1982.
- Steiniger e Hunter, *Free and Open Source GIS software for building a spatial infrastructure*, 2012.
- Stellar, *Can we have our water and drink it too? Exploring the water quality-quantity nexus. State of the planet blog*, New York, 2010.
- Stockholm Environment Institute and UNEP, *Rainwater Harvesting: a lifeline for Human Well-Being*, Nairobi, 2009.
- Texto Unificado Legislacion Secundaria, Medio Ambiente*, 2013 (ultima modifica).

The White House- Office of Management and Budget, *Circular No. A-16 Revised*, 2012.

Tinoco, *Oficio de la información epidemiológica del Hospital Cantonal de Santa Cruz*, (non pubblicato), 2010.

Tukey J.W., *Exploratory Data Analysis*, Addison-Wesley, Massachusetts (USA), 1977

USACE, *Evaluacion de los recursos de agua del Ecuador*, 1998.

UNDP, *Human Development Report 2006. Beyond scarcity: Power, poverty and the global water crisis*, 2006

UNEP, *Global Environment Outlook: Latin America and the Caribbean (GEO LAC) 3*, Panama City, 2010

UNEP, *Yearbook: New Science and Developments in our Changing Environment*, Nairobi, 2010.

UNEP, *Clearing the Waters. A Focus in Water Quality Solutions*, Nairobi, 2010.

UNEP, *Towards a Green Economy: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication*, Nairobi, 2011.

UNEP, *UN-Water Status Report on the application of integrated approaches to water resources management*, Nairobi, 2012.

UNESCO, UNDP e OSCE, *PREPCOM Conference "Towards the UN Conference on Sustainable Development (Rio+20): Water Cooperation Issues*, 2011.

UNESCO, UN Water, UNDP, OSCE, *UN Conference on Sustainable Development (Rio+20). Thematic session on water cooperation*, 2011.

UNESCO, *The United Nations World Water Development Report 4: Managing Water under Uncertainty and Risk*, Parigi/New York, 2012.

UNGA, *Resolution A/RES/64/292*, 2010

UN-Habitat, *The challenge of slums: global report on human settlements*, Nairobi, 2003.

UN-Habitat, *The state of the world's cities 2010/2011: cities for all: bringing the urban divide*, Nairobi, 2010.

UN-Water and FAO, *Coping with water scarcity: challenge of the twenty-first century*, 2007.

Van der Gus e Lipponen, *Reconciling storage depletion due to groundwater pumping with sustainability*, 2010.

Walsh et al., *Community Expansion and Infrastructure Development: Implications for Human Health and Environmental Quality in the Galápagos Islands of Ecuador*, 2010.

Water Partnership Program e The World Bank, *Reaching across the waters: facing the risks of cooperation in international waters*, Washington, 2012.

WCD, *Dams and development: a new framework for decision-making*, Londra, 2000.

WHO and UNICEF, *Progress on Sanitation and Drinking-Water*, Nairobi, 2010.

WHO and UNICEF, *Definitions of improved drinking-water source on the JMP website*, 2012

WHO and UN-Water, *GLASS Report: the challenge of extending and sustaining services*, Svizzera, 2012.

WSSCC, *A guide to investigating one of the biggest scandals of the last 50 years*, Ginevra, 2008.

WWAP, *World Water Development Report 2: Water: A shared responsibility*, Parigi/New York, 2006.

WWAP, *World Water Development Report 3: Water in a Changing World*, Parigi/Londra, 2009.

SITOGRAFIA

Banca Mondiale, <http://data.worldbank.org>, ultimo accesso: 20/08/2013

Charles Darwin Foundation, <http://www.darwinfoundation.org/>, ultimo accesso: 09/07/2013

CIA, <http://www.cia.gov>, ultimo accesso: 10/07/2013

Commissione Europea - INSPIRE, <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>, ultimo accesso: 23/08/2013.

Conservation International,
http://web.archive.org/web/20071011103200/http://web.conservation.org/xp/news/press_releases/2003/091603_andean_eng.xml, ultimo accesso: 08/07/2013

Dizionario informatico, <http://www.dizionarioinformatico.org/>, ultimo accesso: 24/08/2013

Ecologiae, <http://www.ecologiae.com>, ultimo accesso: 09/07/2013

Ecology Project International,
<http://www.ecologyproject.org/programs/Galápagos/>, ultimo accesso: 23/05/2013

Frau, <http://www.vialattea.net/esperti/php/risposta.php?num=2848>, ultimo accesso: 04/09/2013

Gruppo Idro, www.idrodepurazione.it, ultimo accesso: 04/09/2013

IRSA-CNR, <http://www.irsacnr.it/Docs/Capitoli/1030.pdf>, ultimo accesso: 10 agosto 2013.

Japan International Cooperazion Agency, <http://www.jica.go.jp>, ultimo accesso: 23/05/2013

MAE, <http://www.ambiente.gob.ec>, ultimo accesso: 08/07/2013

MAE, <http://www.ambiente.gob.ec/dpng-contribuyo-con-nueva-imagen-para-la-laguna-de-las-ninfas/>, ultimo accesso: 07/09/2013.

MATTM, http://www.minambiente.it/menu/menu_attivita/Inspire.html, ultimo accesso: 23/08/2013

Ministerio de Turismo del Ecuador, <http://www.ecuador.travel>, ultimo accesso: 30/06/2013

Nazioni Unite, <http://www.un.org>, ultimo accesso: 15 agosto 2013

Parque Nacional Galápagos, <http://www.Galápagospark.org>, ultimo accesso: 07/07/2013

Progea, www.progea.net, ultimo accesso 01/08/2013.

PROMOS, <http://www.promos-milano.it>, ultimo accesso 13/08/2013

Regione Toscana, <http://www.rete.toscana.it/sett/pta/glossario.htm>, ultimo accesso: 27 marzo 2013.

SETECI, <http://www.seteci.gob.ec>, ultimo accesso 30/06/2013

UN-Water, <http://www.unwater.org>, ultimo accesso: 20/06/2013

Wikispace, <http://www.ecuadorespana.wikispace.com>, ultimo accesso 06/06/2013

World Wildlife Fund, <http://worldwildlife.org/places/the-Galápagos>, ultimo accesso: 23/05/2013

RINGRAZIAMENTI

Giunta al termine di questo mio percorso formativo desidero ringraziare ed esprimere la mia riconoscenza nei confronti di tutte le persone che, in modi diversi, mi sono state vicine e hanno permesso e incoraggiato sia i miei studi che la realizzazione e stesura di questa tesi.

Desidero ringraziare innanzitutto la mia relatrice, dottoressa Caterina Tuci, per la fiducia e il sostegno fin da subito dimostratomi nell'aver accettato la mia collaborazione al progetto e presenza sull'isola di Santa Cruz, questo argomento di tesi e per avermi seguito durante lo svolgimento del lavoro con consigli e confronti che mi hanno aiutata a prendere le scelte più appropriate.

Un'immensa gratitudine va anche ai correlatori: il dottor Jonathan Rizzi e la dottoressa Viviana Re, per i preziosi consigli e il supporto tecnico datomi in tutta la fase di tirocinio, elaborazione dati e successiva stesura della tesi.

Un sentito ringraziamento va a tutto il corpo docente e, in particolare, ai professori Gabriele Capodaglio e Paolo Pavan per le utili osservazioni e spunti che hanno permesso di rendere questo lavoro più completo e scientifico.

In questa tesi, inoltre, non si può non citare anche l'Università Ca' Foscari, e in particolare il professor Antonio Marcomini e la Regione Veneto, finanziatrice del progetto denominato "Tutela della salute e prevenzione dai rischi di inquinamento antropico", per la gestione della qualità delle acque, su cui è fondato tutto l'argomento del presente lavoro.

A tal proposito, esprimo anche la mia gratitudine verso il Municipio dell'Isola di Santa Cruz, e in particolare all'architetto Edison Mendieta, che ci ha ospitato nell'estate 2012 e ci ha permesso di raccogliere delle informazioni riguardanti il loro sistema idrico; e le altre amministrazioni locali (MAGAP, SENAGUA e PNG) che ci hanno permesso di conoscere l'isola, di raccogliere informazioni preziose e di incontrare e parlare con gli isolani.

Inoltre colgo l'occasione per dire un sincero grazie ai miei genitori e al mio ragazzo che mi sono stati vicini e mi hanno supportato in questi anni universitari e in quest'ultimo periodo di tesi.